

Monitorage Hémodynamique

Pierre-Gildas Guitard

CCA Dpt d'anesthésie-réanimation

CHU Charles Nicolle Rouen

Comment ?

⊕ **Monitoring de base obligatoire:**

- ⊕ Aucune anesthésie ne doit se faire en l'absence de :
 - ▶ ECG
 - ▶ Pression Artérielle non invasive
 - ▶ SpO₂
 - ▶ EtCO₂ (au bloc opératoire)

⊕ **Monitoring plus complexe :**

- ⊕ Utile dans des cas particuliers :
 - ▶ État de choc, ASA 3 ou 4
 - ▶ Chirurgie à risque
- ⊕ Permet :
 - ▶ Soit le monitoring continu de la PA : KT artériel
 - ▶ Soit le monitoring simple du DC (plus sensible que la PA) : Doppler oesophagien, Vigiléo, Niccomo
 - ▶ Soit une analyse plus détaillée de l'état hémodynamique : KT veineux pulmonaire, SvO₂, PiCCO

Pourquoi ?

⊕ **Toujours :**

- détecter et prévenir les incidents et accidents

⊕ **En anesthésie :**

- S'assurer que malgré les modifications physiologiques liées à l'anesthésie et à la chirurgie, les apports correspondent toujours aux besoins

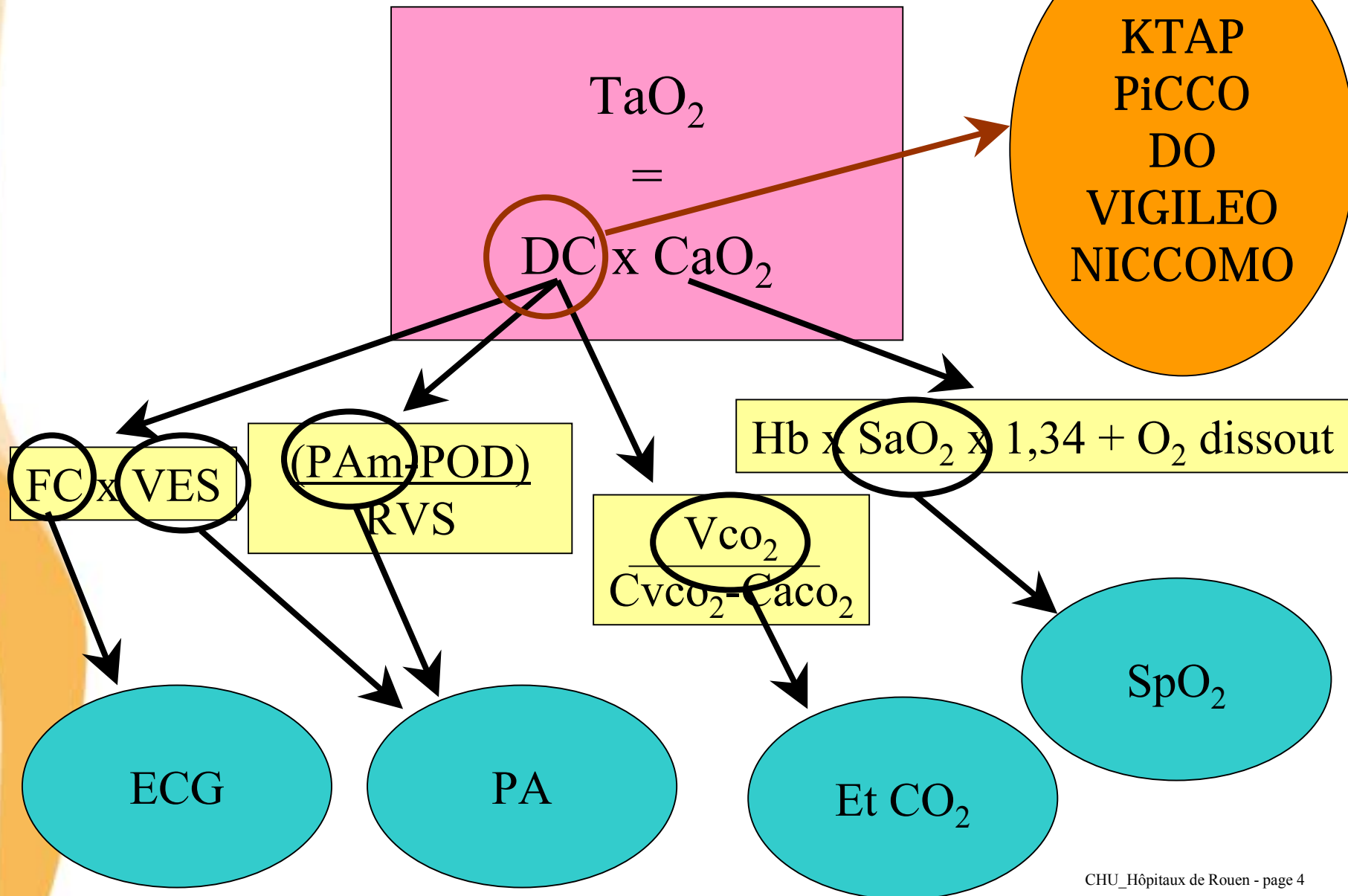
⊕ **En réanimation :**

- Détecter et aider au traitement des défaillances d'organe

Monitoring
obligatoire

Monitoring
complexe

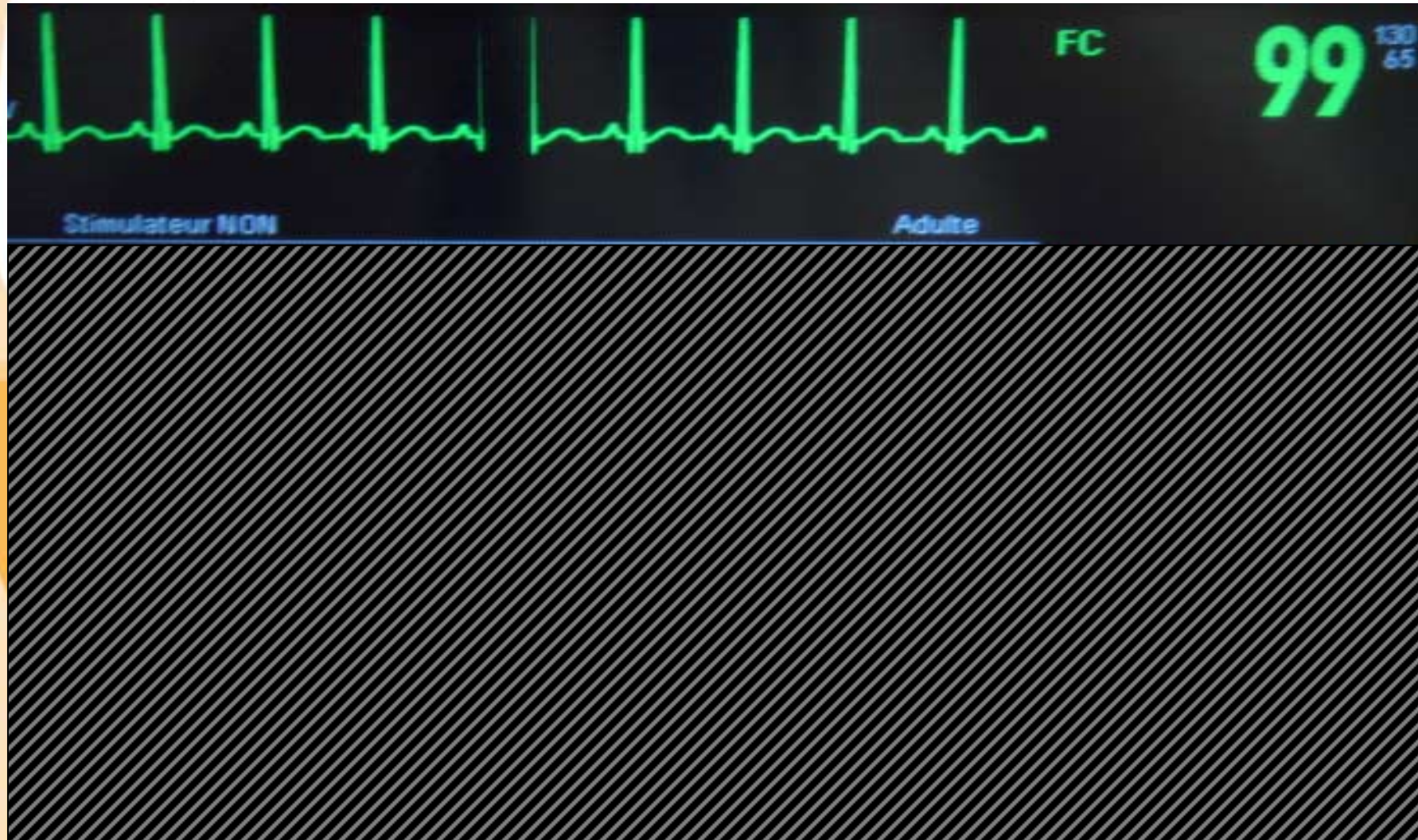
Adéquation TaO_2/VO_2 ?



Le monitoring obligatoire



L'Électrocardioscopie



Objectifs :

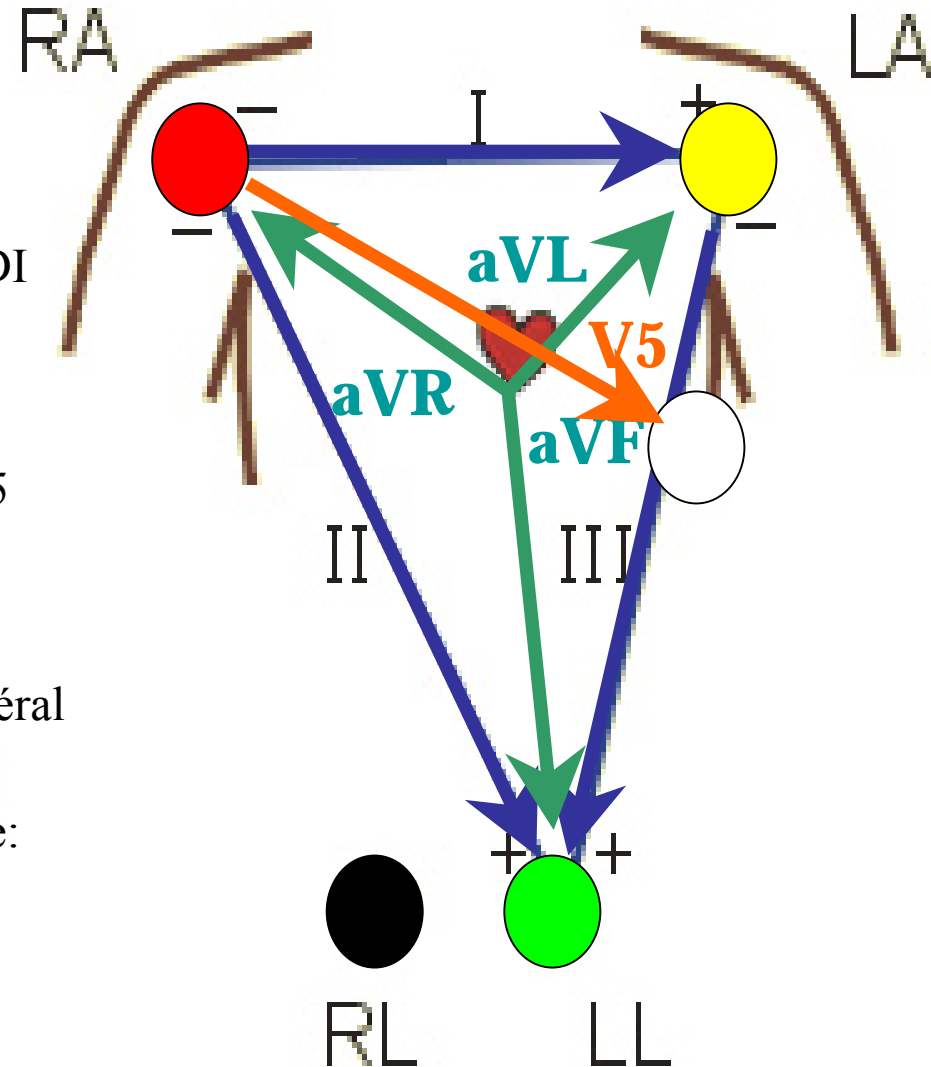
- ⦿ Détection de trouble du rythme cardiaque

- ⦿ Le dépistage d'anomalies hémodynamiques aiguës :
 - Toute modification rapide de la FC: alerte immédiate

- ⦿ Le dépistage d'ischémie myocardique (analyse ST)

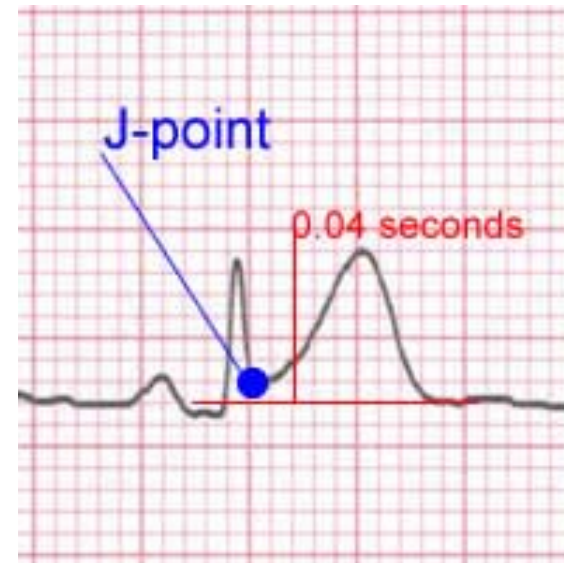
Comment ça marche ?

- ⊖ Enregistrement continu de l'électrocardiogramme
- ⊖ 3 branches :
 - DI, DII et DIII
 - Affiche parfois V5 à la place de DI
- ⊖ 5 branches :
 - DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF et V5
- ⊖ Quelle dérivation choisir:
 - Celle où on voit le mieux (en général DII)
 - Si risque d'ischémie myocardique:
 - ▶ V5 (ischémie latérale: IVA)
 - ▶ DII (ischémie inférieure: CD)



Analyse du segment ST

- ⦿ Fonction facultative de la plupart des scopes « modernes »
- ⦿ Repère le point d'inflexion post QRS (point J) et analyse les 0,04 sec suivantes
- ⦿ Recherche les sus et les sous décalages
- ⦿ Sensibilité bonne:
 - Détecte 80% des ischémies myocardiques si utilisé sur DII et V5 avec tracé de bonne qualité
- ⦿ Spécificité faible :
 - Nombreux faux positif (BBG, HVG, HypoCa, Digitaliques)



La PA non invasive



1 mesure, 4 informations:

- ⊖ **PA Systolique :**
 - Indice de post-charge VG

- ⊖ **PA Moyenne :**
 - Pression de perfusion des organes
 - Grandeur régulée et variable d'état

- ⊖ **PA Diastolique :**
 - Reflet direct du tonus vasculaire artériel
 - Pression de perfusion du myocarde

$$\text{PAM} = 1/3 \text{ PAS} + 2/3 \text{ PAD}$$

- ⊖ **PA pulsée :**
 - PP= PAS-PAD
 - Reflet indirect du VES (à compliance artérielle stable)

Comment ça marche ?

PA Syst

PA Moy

PA Diast

Bruits de Korotkov

Attention:
Un brassard trop grand ou trop petit
=
Erreurs importantes de la PA

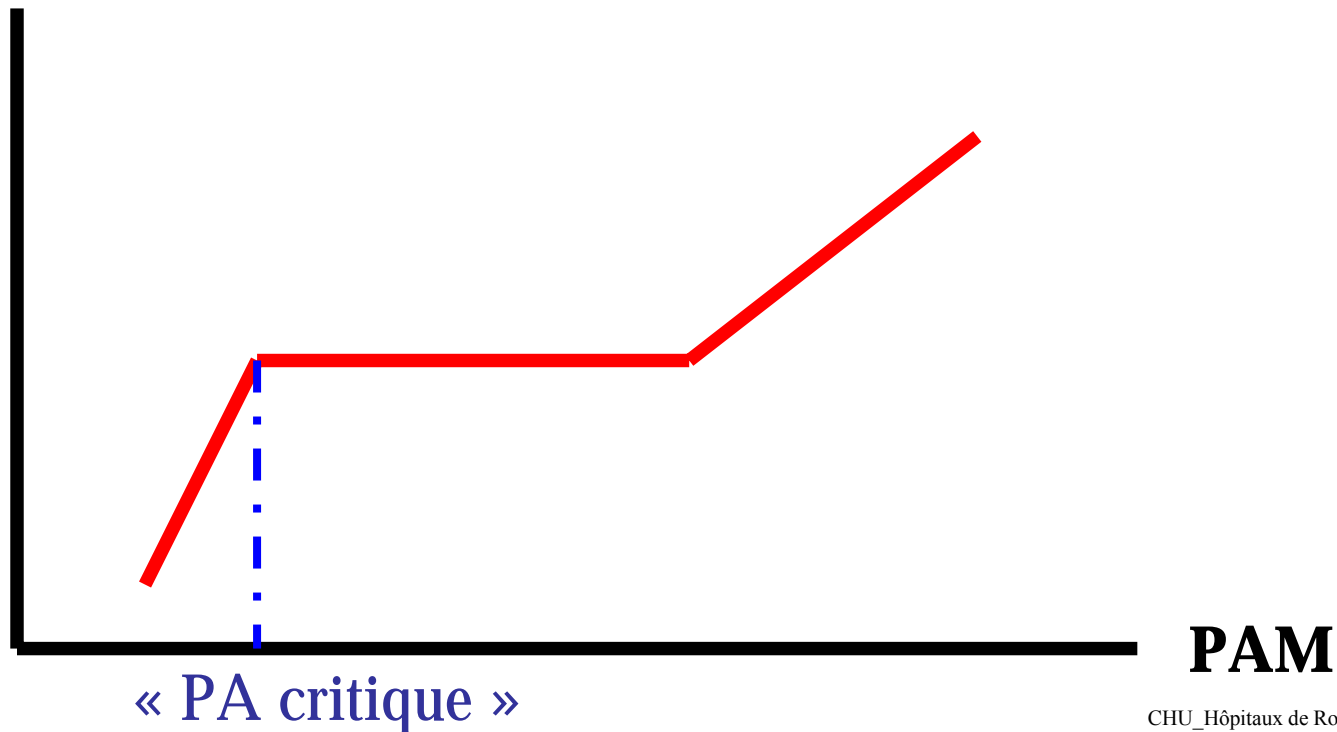
Onde de pouls

5 sec

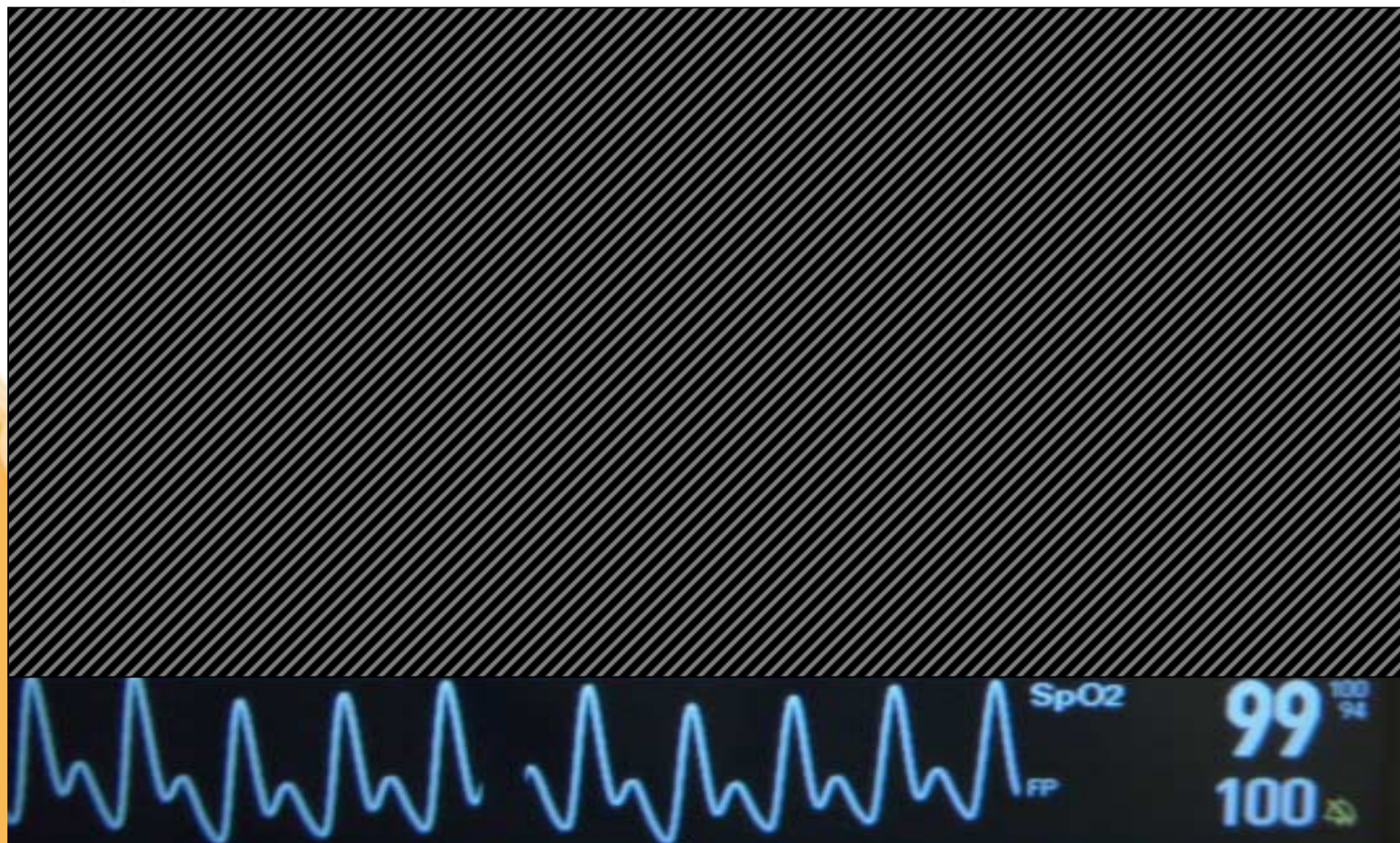
Autorégulation du débit sanguin organique

- ⊕ Les variations de la PA influent peu sur la perfusion des organes dans des conditions physiologiques
- ⊕ Par contre, une diminution de la PA en dessous d'un seuil (« P critique ») est un **signe d'alerte**: elle implique une diminution importante du débit de chaque organe

**Débit
sanguin**



L'oxymétrie de pouls



Intérêt

⊕ Monitoring

- Respiratoire : oxygénation du sang par le poumon
- Hémodynamique : transport de l'oxygène vers la périphérie

⊕ Seul moyen d'évaluer le contenu artériel en oxygène donc l'apport d'oxygène aux cellules

Comment ça marche ?

- ⊕ Basé sur la différence d'absorption d'un rayonnement infra-rouge entre l'hémoglobine oxygénée et non-oxygénée
- ⊕ Permet d'évaluer la saturation en oxygène du sang capillaire (SpO_2) qui est sensiblement égale à la saturation artérielle en oxygène (SaO_2)

Limites

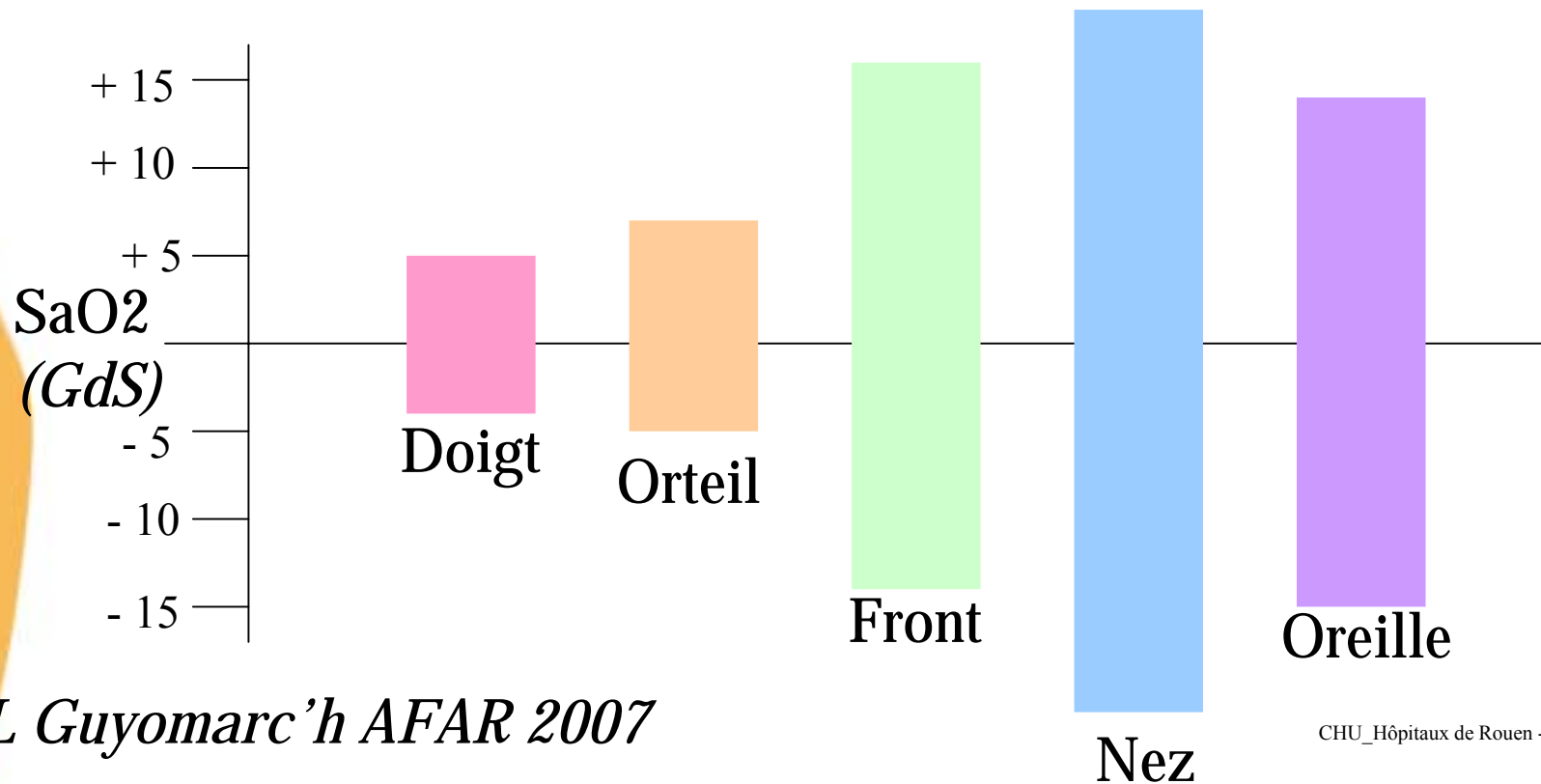
- ⊖ Ne détecte pas les chutes du contenu artériel en oxygène liées à :
 - Une anémie
 - Une diminution de l'affinité de l'Hb pour l'O₂ (intox au CO)

$$\text{CaO}_2 = \text{Hb} \times \text{SaO}_2 \times 1,34 + \text{O}_2 \text{ dissout}$$

- ⊖ N'est fiable que lorsque la courbe est bien pulsée et pour des valeurs supérieures à 70%
- ⊖ Mesure difficile en cas de vasoconstriction périphérique intense (hypothermie, choc cardiogénique, traitement vasopresseur)

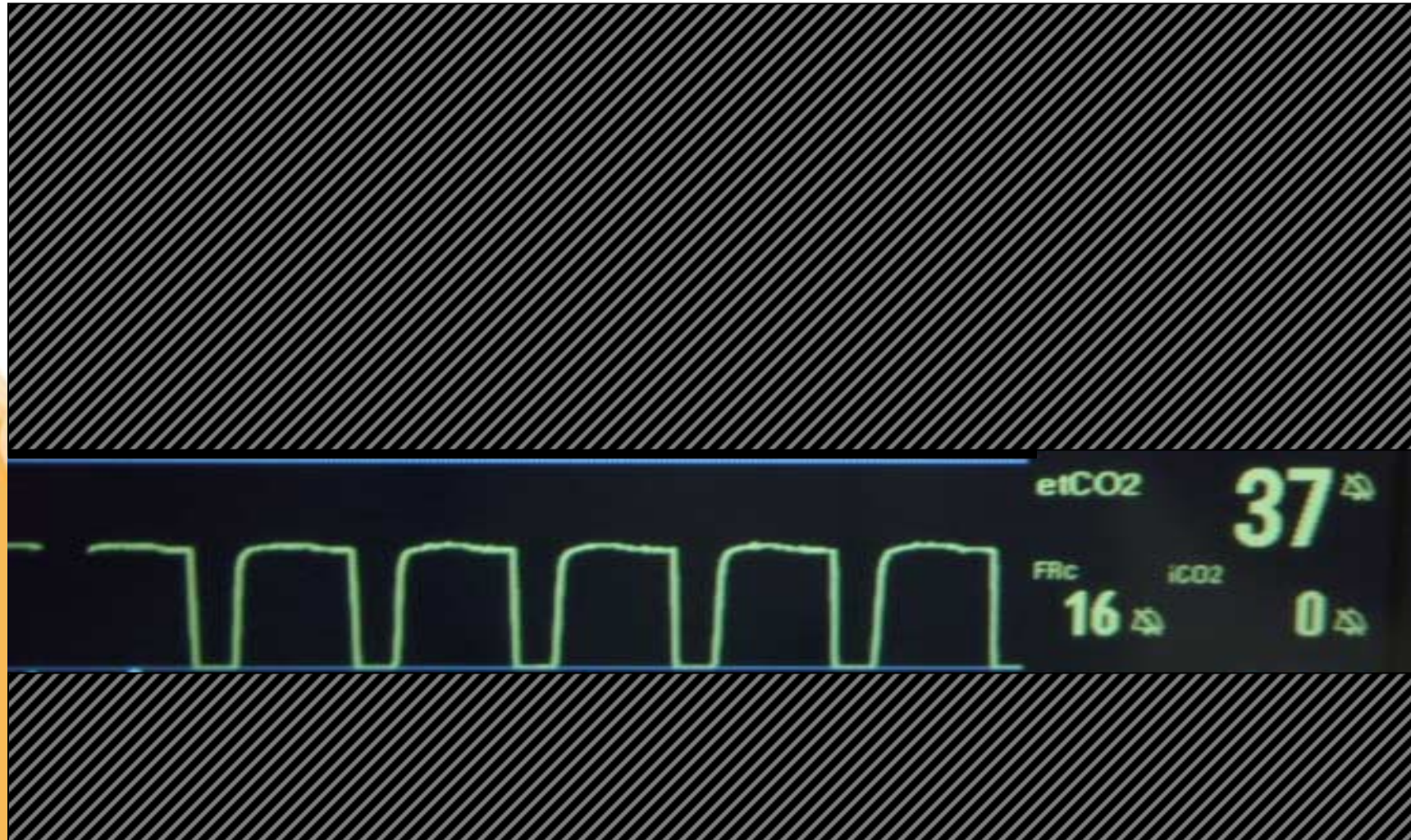
Quel site de mesure choisir ?

	Doigt	Orteil	Front	Nez	Oreille
LC: Supérieure	+ 4,8	+ 7,1	+ 15	+16	+13
Inférieure	- 5,1	-4,1	- 15	- 17	- 15



L Guyomarc'h AFAR 2007

La Capnographie



Comment ça marche?

⊕ Basé sur l'absorption des infra-rouges par le CO₂

⊕ 2 sites de mesures:

● Méthode aspirative déportée :

- ▶ prélèvement continu à débit constant des gaz respiratoires au moyen d'un capillaire fixé sur le filtre (ou la pièce en T)
- ▶ Débit de prélèvement de 150 mL/min donc pas utilisable en néonatalogie
- ▶ C'est la méthode la plus utilisée au bloc opératoire

● Mesure « en ligne » :

- ▶ Mesure directe au travers d'une cellule de verre intercalée entre le filtre et la pièce en T
- ▶ Ne permet pas la mesure des gaz d'anesthésie
- ▶ C'est la méthode la plus utilisée en réanimation

Intérêt

☉ Monitoring

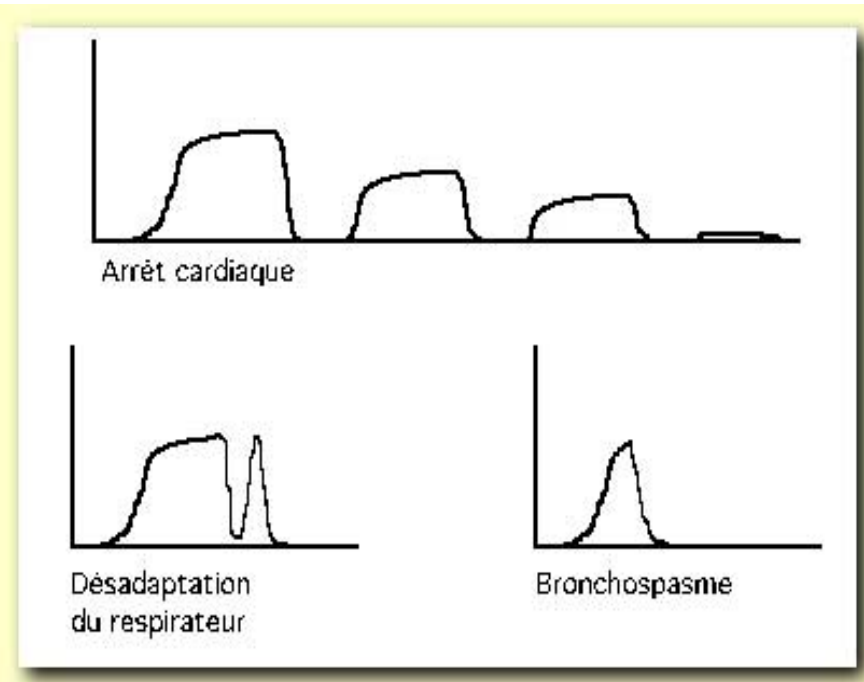
- **Respiratoire** : élimination pulmonaire du CO_2 liée à la ventilation alvéolaire
(mesure indirecte de la PaCO_2)
- **Hémodynamique** : production et transport du CO_2
(mesure très indirecte du DC)

☉ Outil diagnostique puissant des accidents et incidents d'anesthésie

Causes de variation de l'EtCO₂

⊕ Modification Brutaes :

- Accident d'anesthésie



⊕ Modification progressive :

- variation de la PaCO₂ ou du DC:

- ▶ Diminution:

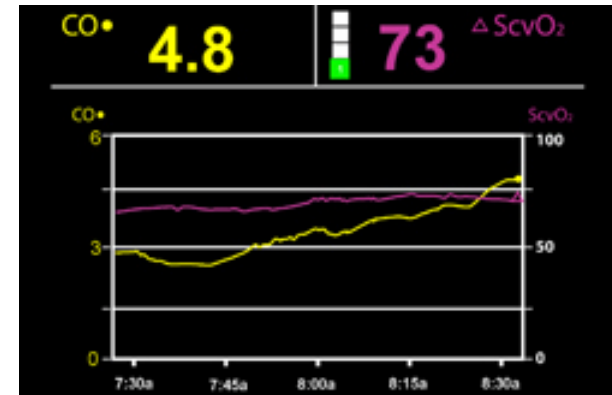
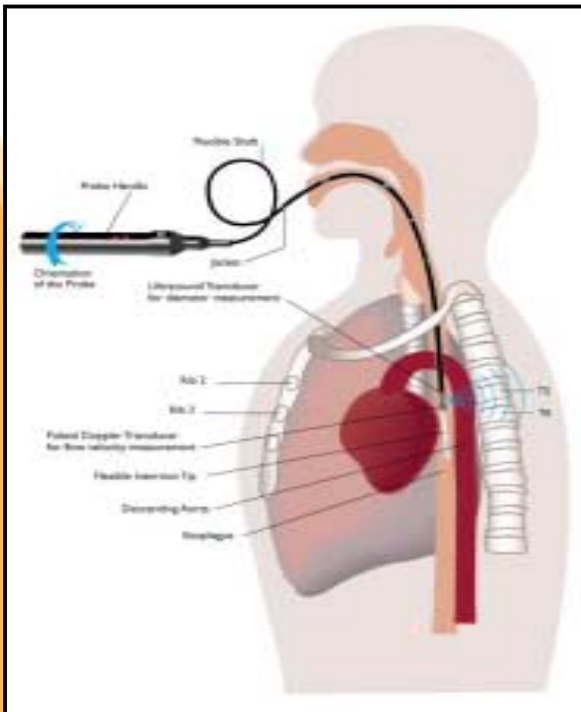
- Hyperventilation alvéolaire
- Diminution du DC

- ▶ Augmentation:

- Hypoventilation alvéolaire
- Augmentation du DC

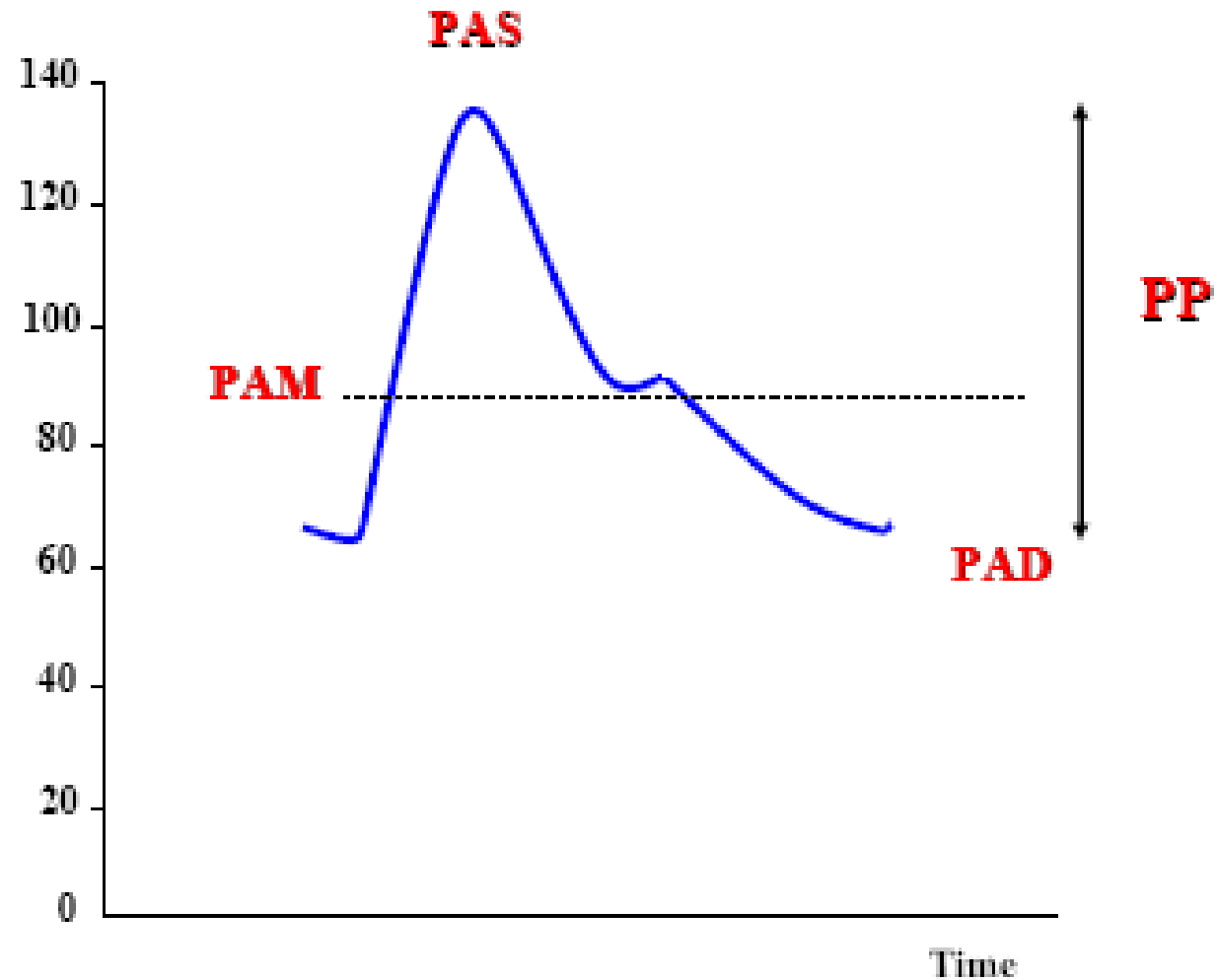


Méthode de monitoring supplémentaire



La Pression artérielle invasive

Pression artérielle (mmHg)



Techniques

⊕ Sites:

- Radial cathéter 20 G, court 5-8 cm
- Fémoral cathéter 18 G, long 8-15 cm
- Pédieux cathéter 20 G, court 5-8 cm

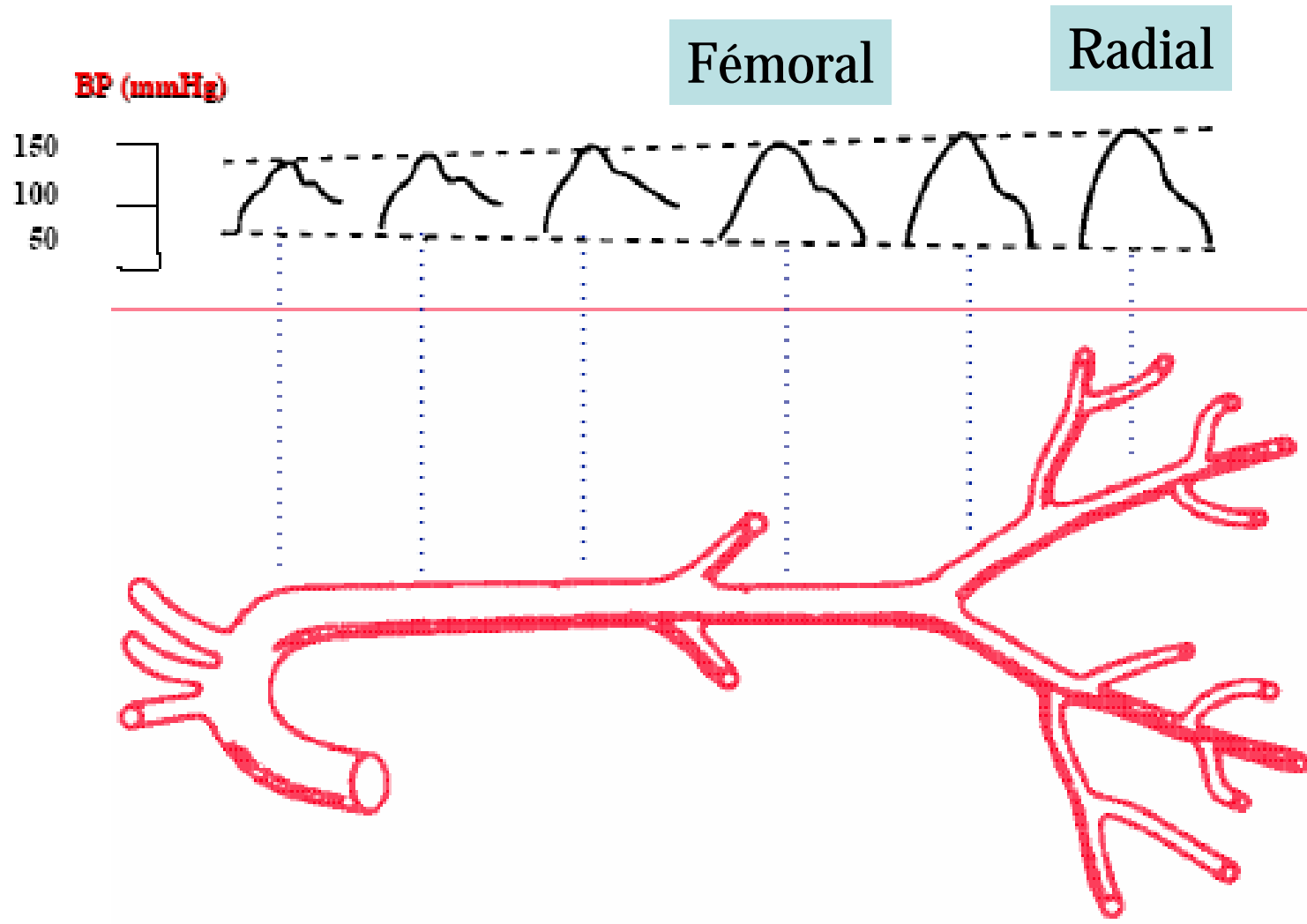
⊕ *Test d'Allen* recommandé pour le site radial

⊕ Ponction sous asepsie chirurgicale, +/- AL

⊕ Zéro de PA positionné au niveau du site de mesure

(La différence de PA entre l'aorte et le site de mesure ne dépend pas du poids de la colonne d'eau)

Est-ce équivalent ?



Intérêt:

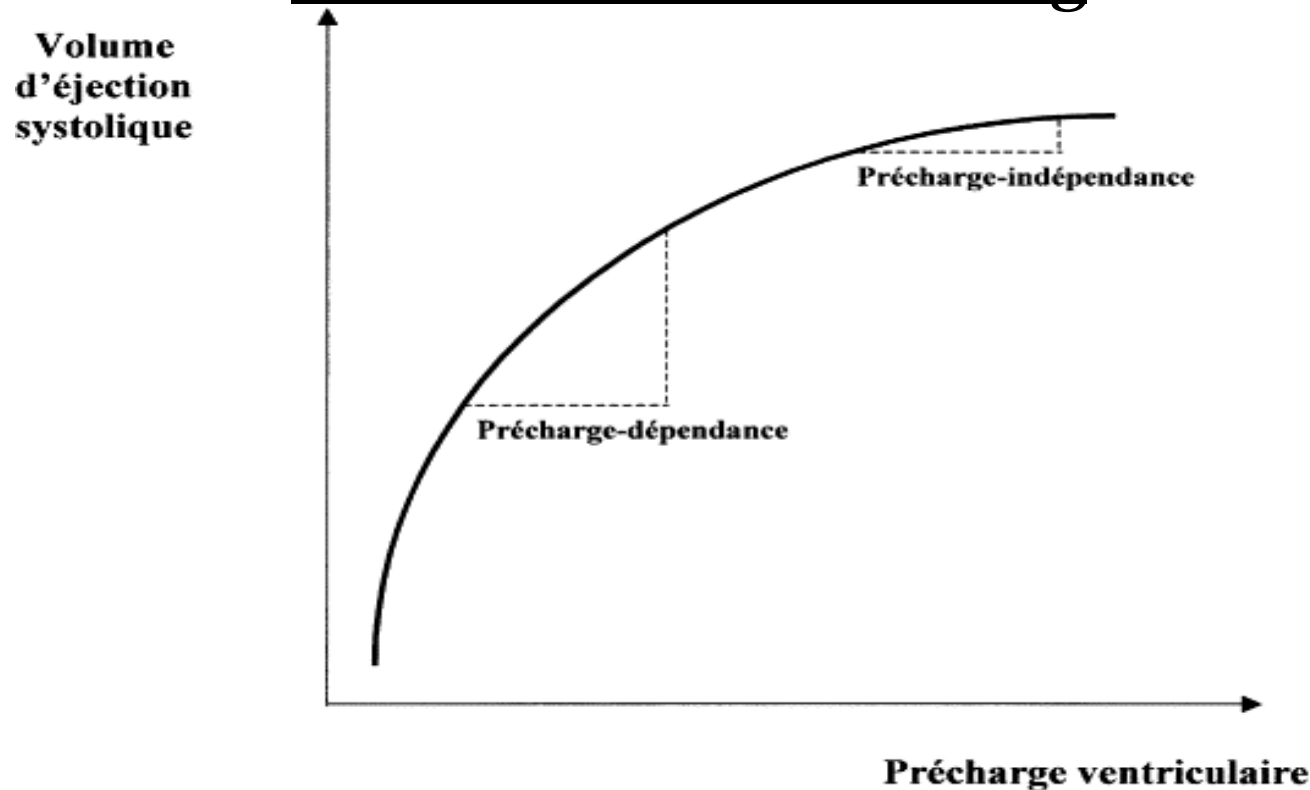
- ⊕ Contrôle véritablement continue de la PA
 - En cas d'état de choc et de perfusion de vasopresseur
 - En cas de chirurgie à haut risque hémorragique ou à retentissement hémodynamique important (*clampage aortique*)
 - Nécessité d'hypotension artérielle contrôlée (*neurochirurgie*)
 - ATCD cardio-vasculaires importants (RAC, FEVG<20%...)
 - Monitoring continu de la PPC (PPC=PAM-PIC) (*Traumatisé crânien*)

- ⊕ Nécessité de prélèvements itératifs

- ⊕ Prédiction de la réponse au remplissage (ΔPP)

Définition de la « précharge dépendance »

Relation de Frank-Starling



Objectif de la prédiction de la réponse au remplissage:

L'augmentation de la pré charge VD entraînera-t-elle une augmentation du VES VG

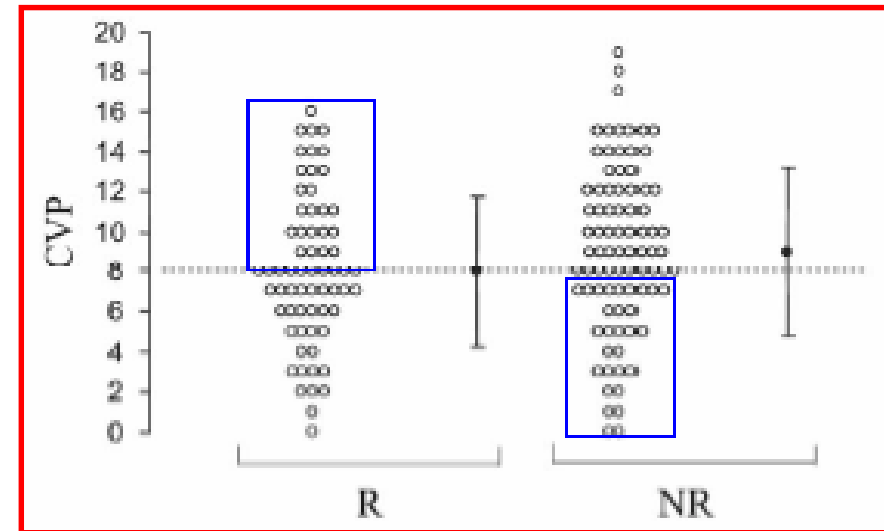
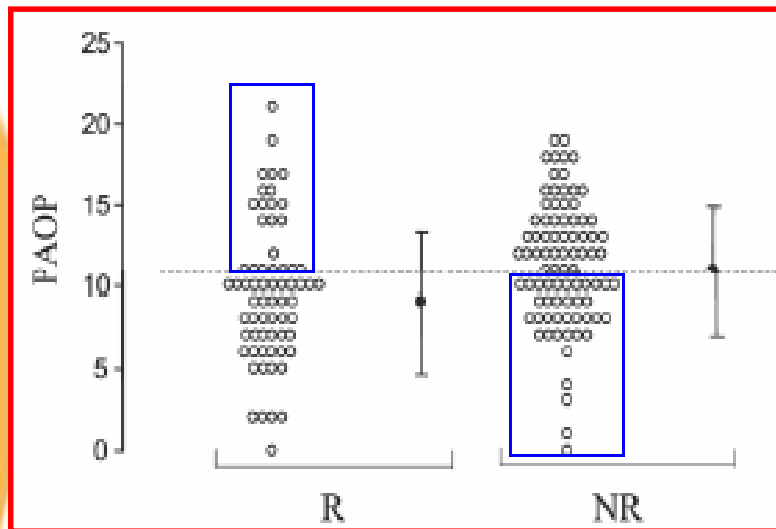
Prédiction de la réponse au remplissage

- ⊙ Les indices statiques de la précharge VD et VG (PVC et POG) sont de mauvais reflets de la précharge dépendance :

Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge.

Osman D, Ridet C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, Teboul JL.

Crit Care Med 2007 Vol 35 (1)



Prédiction de la réponse au remplissage

⊙ D'où le développement d'indices dynamiques :

le ΔPP

⊙ **Principe:**

● la ventilation mécanique induit des variations du volume d'éjection VG, d'autant plus que le VD est en situation de précharge dépendance

➔ Une variabilité respiratoire importante du VES VG traduit une précharge-dépendance bi-ventriculaire

Insufflation mécanique

Diminution du RV

Baisse du VES VD

Diminution du RV Pulm

Baisse du VES VG

Augmentation des Pressions intra thoraciques

Si le VD est
« Pré-charge dépendant »

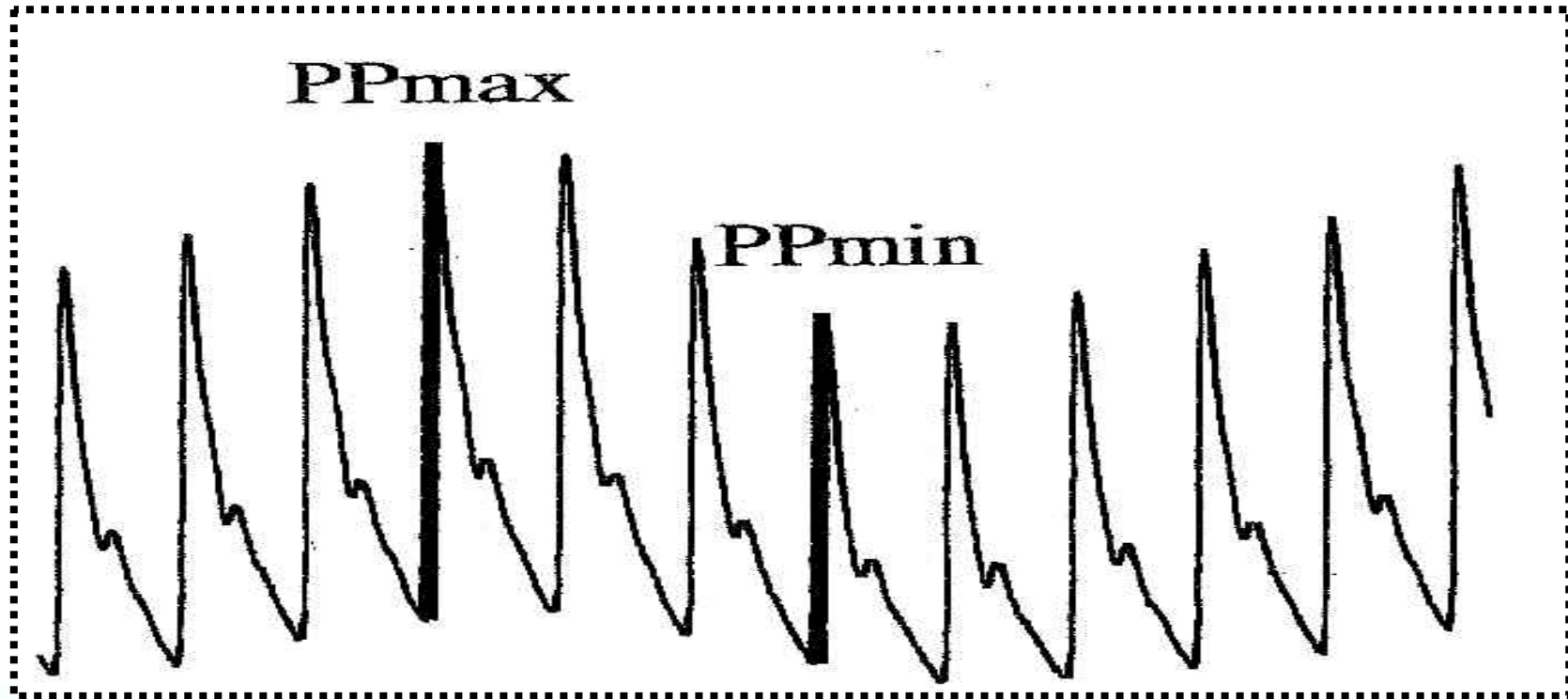
En 3 à 4 systoles

Si le VG est
« Pré-charge dépendant »

PP = VES / compliance artérielle

Donc les variations de PP sont représentatives des variations respiratoires du VES

ΔPP : méthode de mesure



$$\Delta PP (\%) = \frac{PP_{\max} - PP_{\min}}{(PP_{\max} + PP_{\min})/2}$$

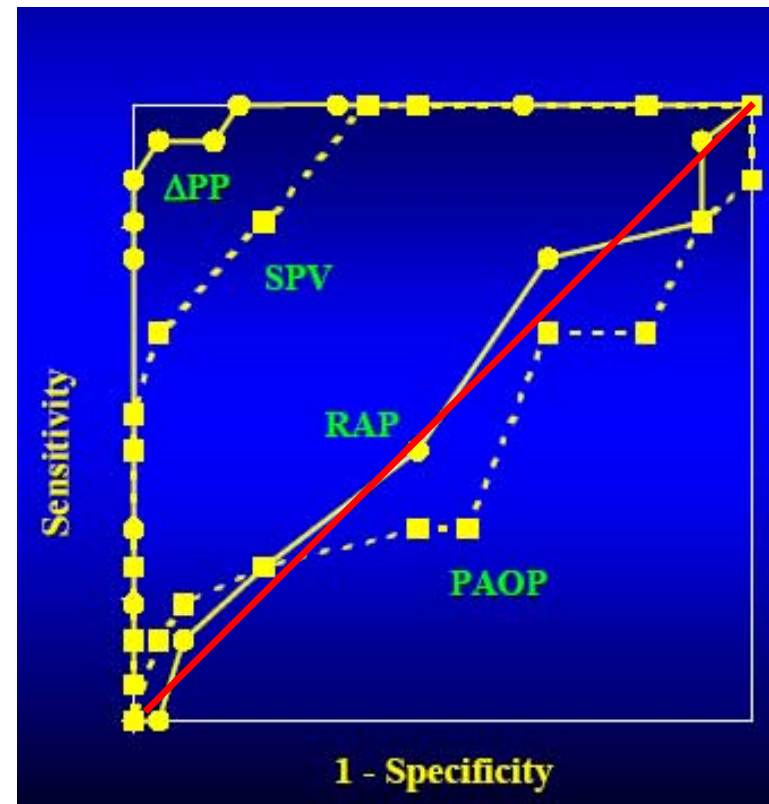
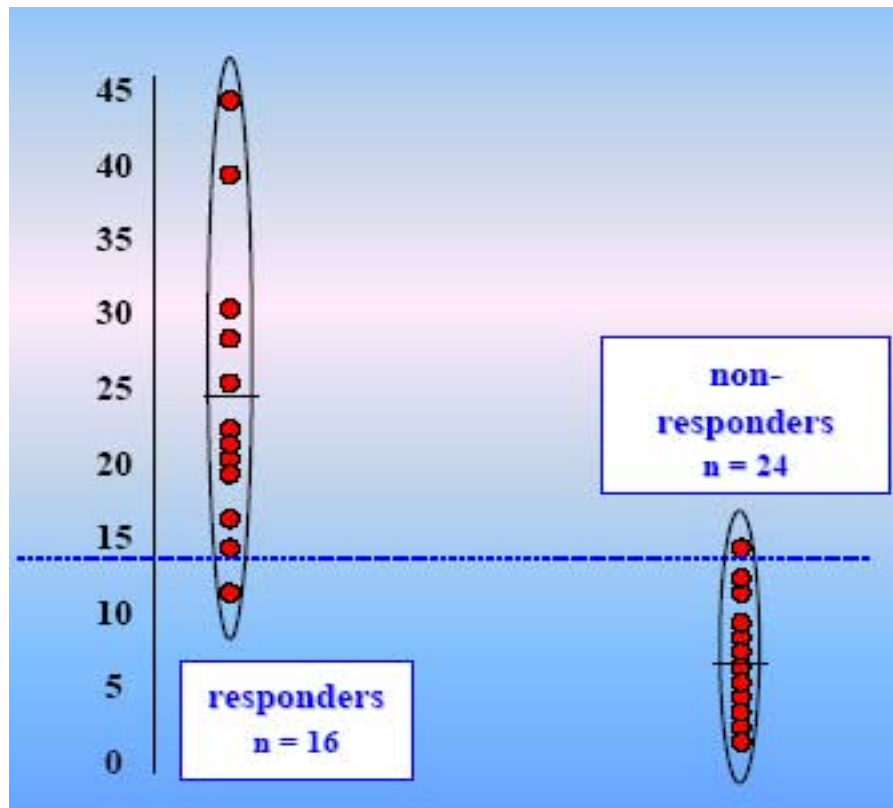
Seuil de positivité: 13%

Validation du ΔPP

Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure

[Michard F](#), [Boussat S](#), [Chemla D](#), [Anguel N](#), [Mercat A](#),
[Lecarpentier Y](#), [Richard C](#), [Pinsky MR](#), [Teboul JL](#)

Am J Resp Crit Care Med 2000 162 (134-138)



Limites du ΔPP

- ⊕ Nécessite un patient ventilé mécaniquement et parfaitement adapté au respirateur
- ⊕ Validé uniquement avec un $V_t > 7\text{mL/kg}$ et une compliance pulmonaire normale
- ⊕ Impossible en cas d'arythmie cardiaque
- ⊕ Probablement non valide en cas de cœur pulmonaire

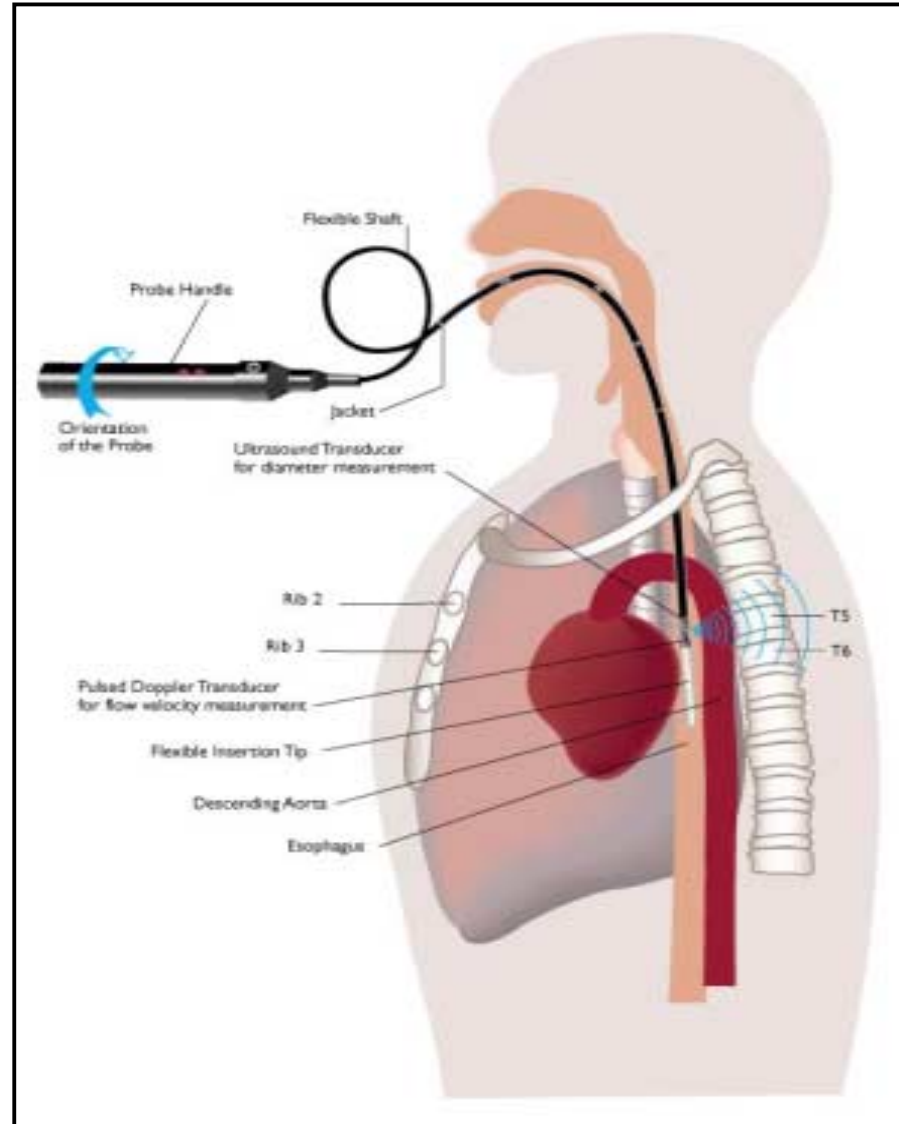
Attention:

« Précharge dépendance » = augmentation du DC si remplissage

≠

Nécessité du remplissage

Le doppler oesophagien



Principe :

- ④ Détermine par flux doppler le débit de l'aorte descendante :

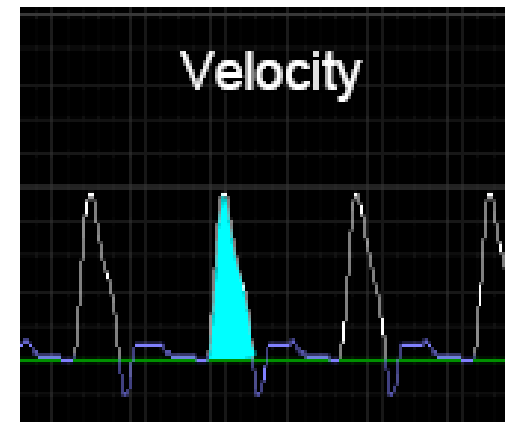
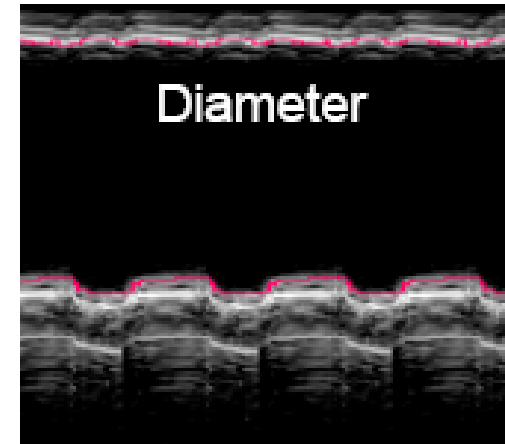
$$DAo = S_{aortique} \times ITV_{flux\ aortique}$$

- ④ En calcule le débit cardiaque par la formule:

$$DC = 1,3 \times Dao$$

- ④ 2 types d'appareils:

- Hémosonic[®] : mesure le diamètre aortique
- CardioQ[®] : Estime le diamètre aortique

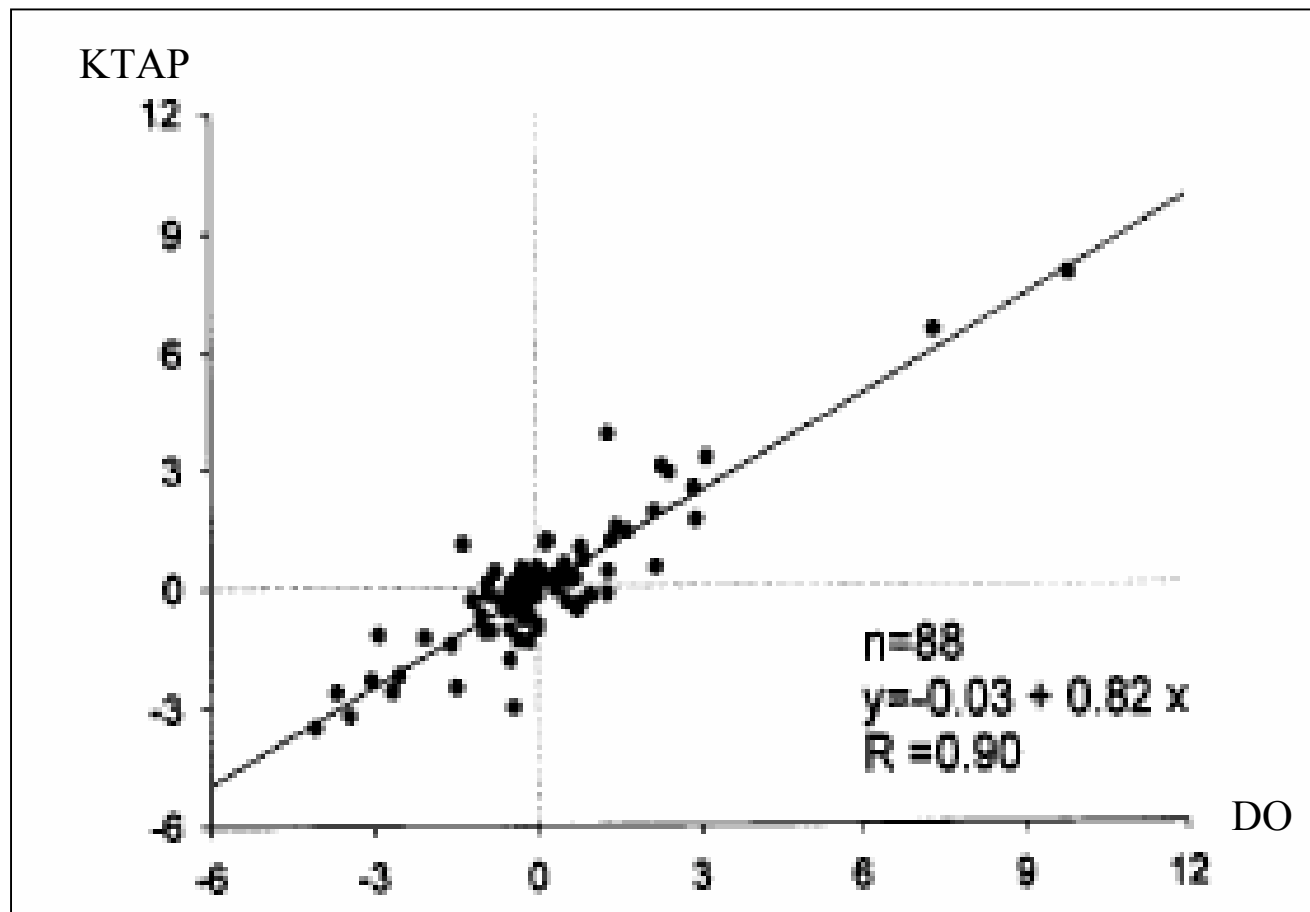


Validation :

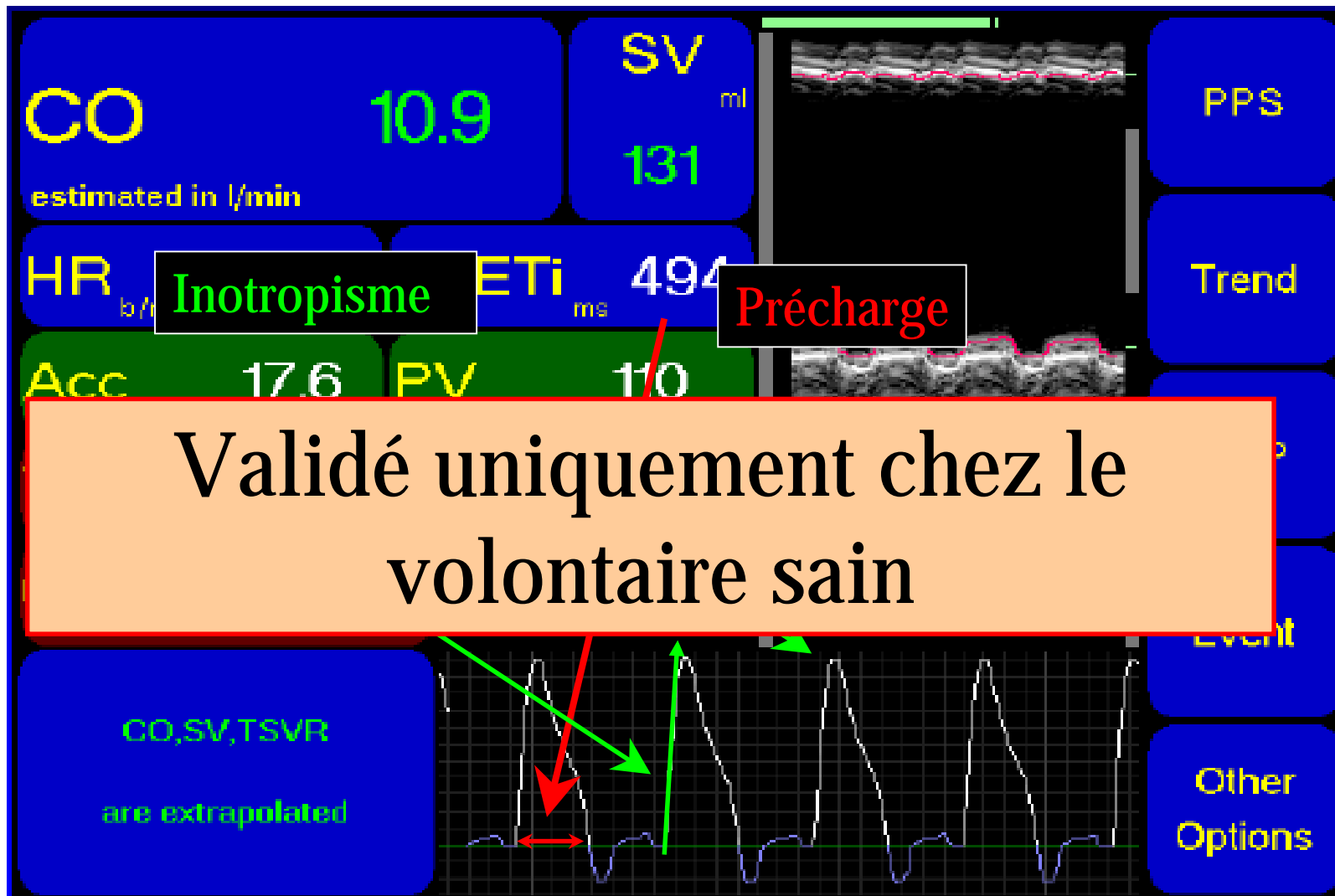
Non-invasive monitoring of cardiac output in critically ill patients using transesophageal Doppler

[Valtier B](#), [Cholley BP](#), [Belot JP](#), [de la Coussaye JE](#), [Mateo J](#), [Payen DM](#).

Am J Resp Crit Care Med 1998 158 (1)



Autres données du DO :



Caractéristiques :

☉ Intérêts :

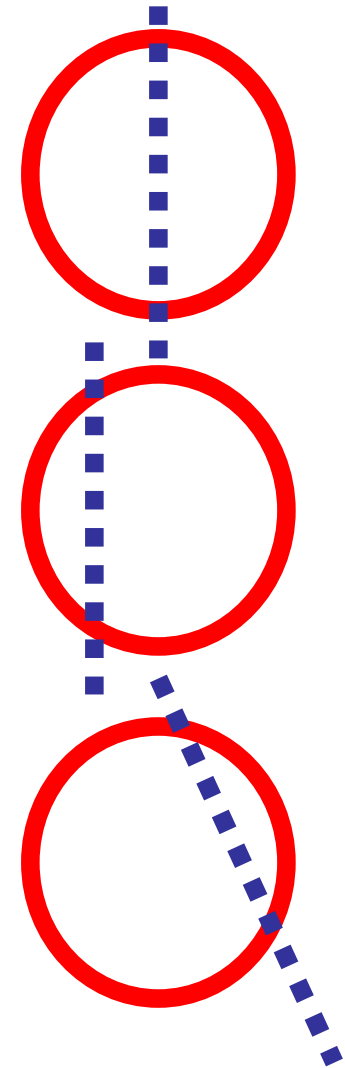
- Facile d'utilisation (apprentissage rapide)
- Peu invasif
- Utilisable en per-opératoire

☉ Limites :

- Mobilisation de la sonde
- Erreurs liées à l'estimation du diamètre aortique ou à l'alignement de la sonde
- Différence de répartition DC/Dao
- Ne tenir compte que du DC

☉ Contre-indications : (*celles de l'ETO*)

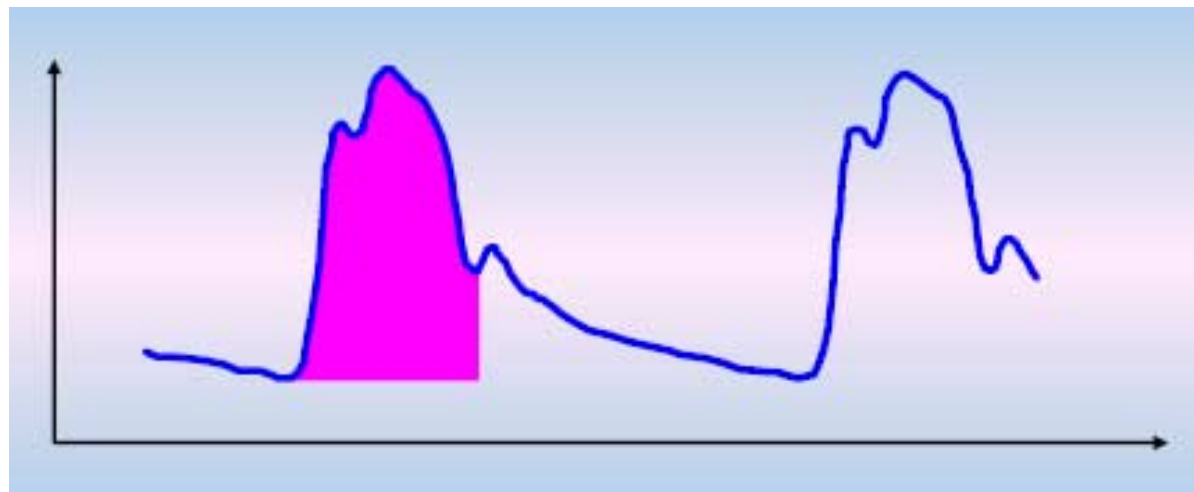
- VO stade IV
- Sutures oesophagiennes
- Radiothérapie médiastinale



Le Vigileo/ Flotrac



Principe : le « Pulse Contour »



La surface sous l'onde de pouls de la courbe de PA est proportionnelle au VES

$$\text{VES} = \text{Fct de Calibration} \times \text{Surface}$$

- ⊗ Ce Facteur de calibration dépend principalement de la compliance artérielle
- ⊗ Vigileo® estime la compliance artérielle en fonction :
 - D'un abaque créé chez le volontaire sain en fonction du Pds et de la Taille
 - De la courbe de décroissance diastolique:

Intérêt :

⊖ Avantages:

- Peu invasif car utilise un KT artériel déjà en place
- Faisable dans tous les cas
- Pas d'apprentissage de la technique
- Permet aussi une analyse des variations du VES en fonction de la respiration (équivalent de ΔPP)

⊖ Inconvénients:

- Validé uniquement chez le sujet sain ^[1]
- La détermination du facteur de calibration n'est probablement pas fiable chez le sujet en état de choc ^[2]
- Ne donne que le DC
- Inutilisable en arythmie

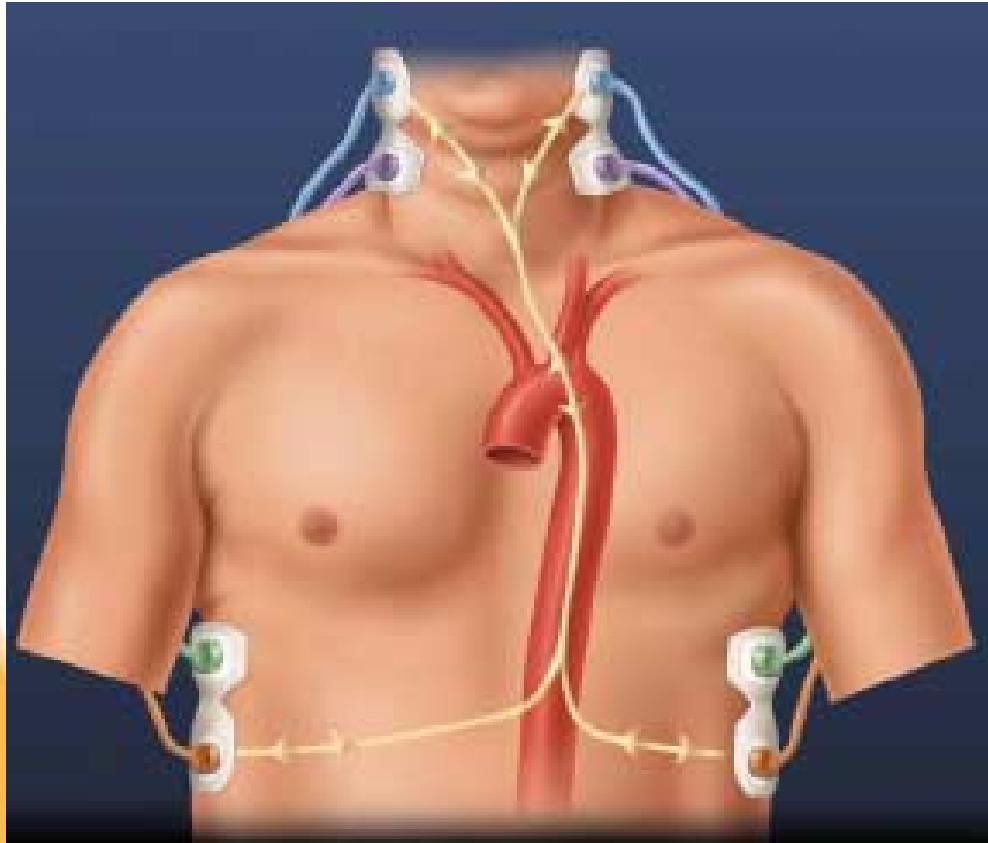
[1]: Lu, « Continuous cardiac output monitoring in human by invasive and non-invasive blood pressure » J Appl physiol 2006

[2]: Abstract AFAR 2007

Le Niccomo



Principe : l'impédancemétrie



La résistance du thorax à l'écoulement d'un flux électrique dépend du débit de sang qui y circule

**En mesurant en continue la conductivité du thorax,
on peut obtenir le DC**

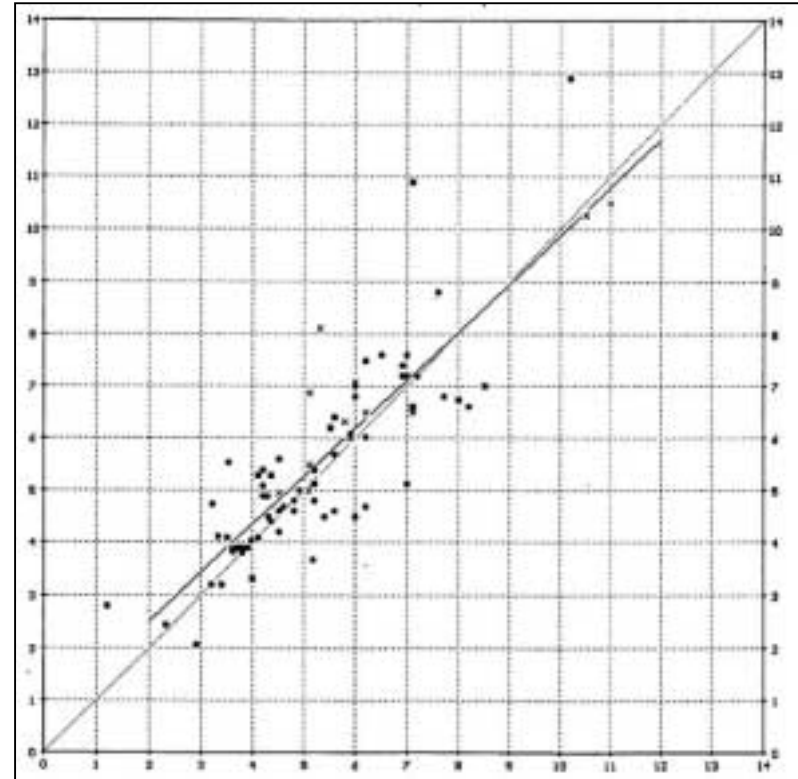
Intérêt :

⊕ Avantages:

- ⦿ Véritablement non-invasif
- ⦿ Pas d'apprentissage
- ⦿ Peu de CI
- ⦿ A priori utilisable en FA

⊖ Inconvénients:

- ⦿ Mobilisation des électrodes
- ⦿ Validé uniquement chez le sujet sain
- ⦿ Niveau de preuve médical :
 - clairement insuffisant pour le DC dans une situation pathologique
 - complètement nul pour les autres valeurs fournies

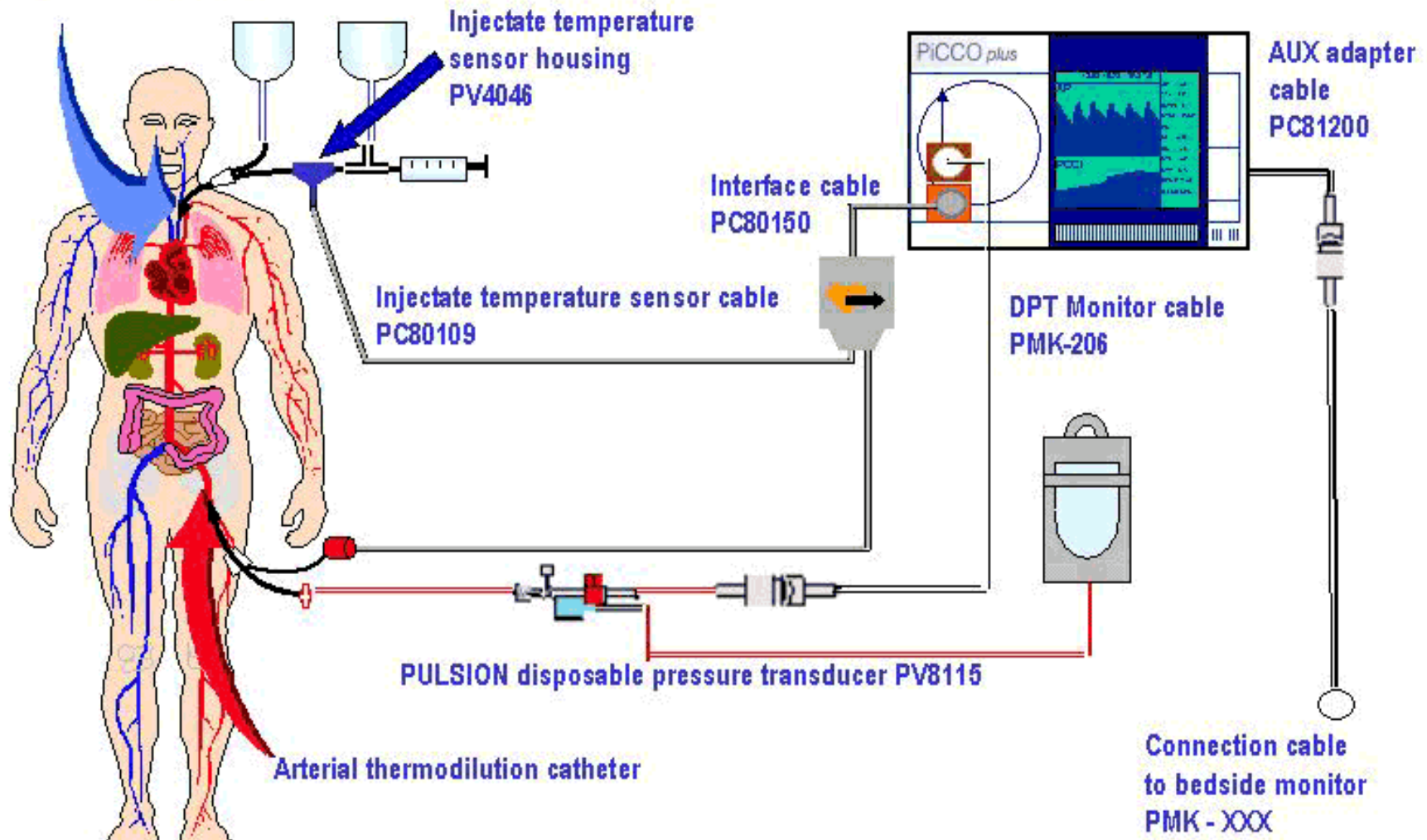


Le PiCCO



Mise en place :

Central venous catheter



Principe :

Associe deux techniques distinctes:

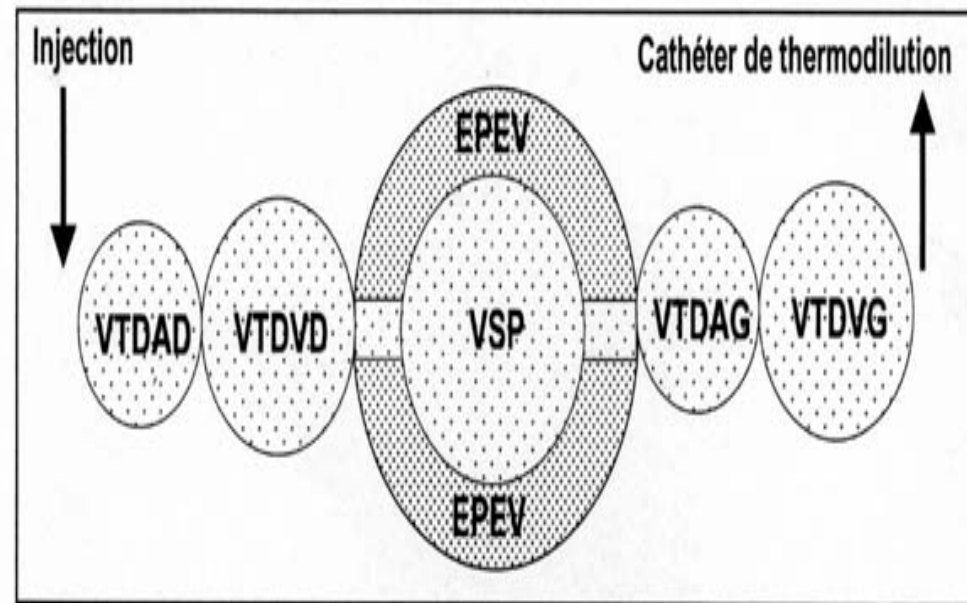
La thermodilution Trans-pulmonaire

Le « Pulse Contour »

Thermodilution Trans-pulmonaire (1)

⊙ Principe :

- **Le temps mis par un bolus froid injecté dans l'OD pour atteindre le capteur artériel est proportionnelle au DC (dérivé de la méthode de référence du KTAP)**
- L'analyse de la courbe de T°c artérielle permet d'obtenir des informations sur les volumes intrathoraciques



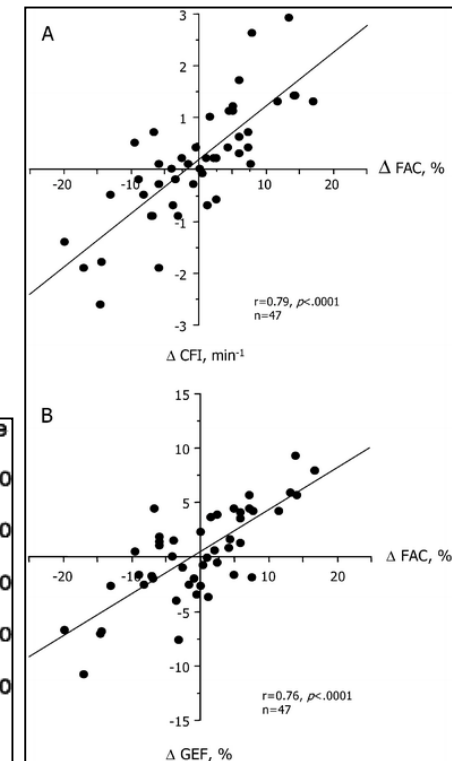
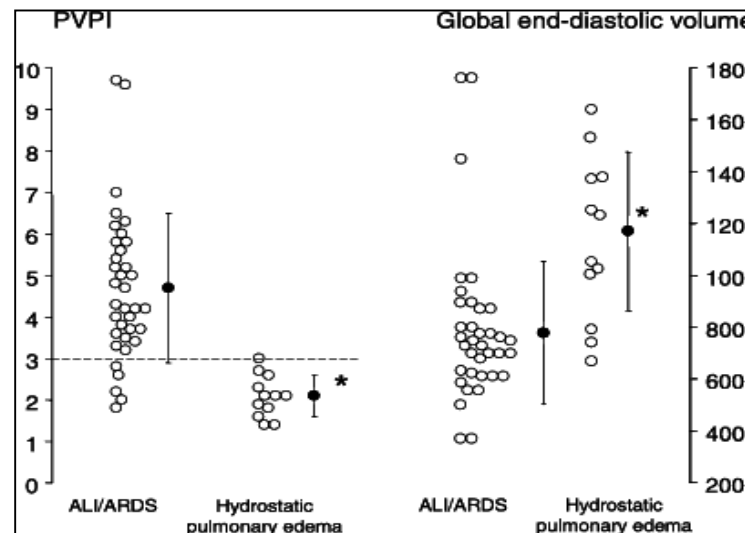
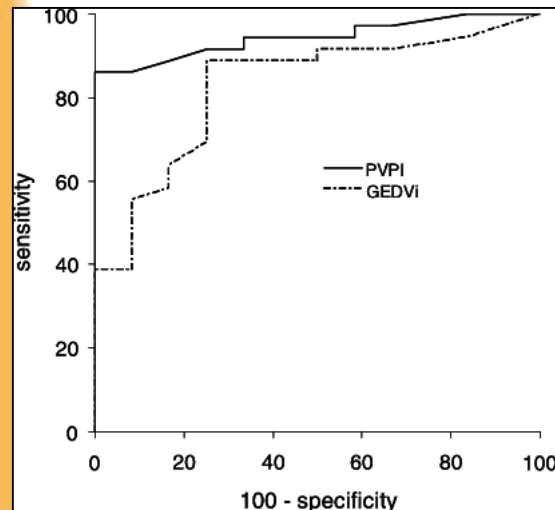
Thermodilution Trans-pulmonaire (2)

⊙ Données obtenues :

- Le DC discontinu (à chaque injection du bolus froid)
- Le VTDG représentant la précharge globale bi-ventriculaire (*qui ne juge pas pour autant de la « précharge dépendance »*)
- L'IFC (en divisant le DC par le VTDG) un indice d'inotropisme
- L'EPEV représentant l'eau contenue dans les alvéoles
- Le CPC un indice d'OAP lésionnel

⊙ Validation :

- Le DC, le VTDG et l'IFC : *A Combes Int Care Med 2004*
- L'EPEV et le CPC : *X Monet Int Care Med 2007*



Le « Pulse Contour »

- ⊖ C'est exactement la même technologie que le Vigiléo[®], mais le facteur de calibration est déterminé au cours des premières thermodilutions.
 - ↳ **Pas d'erreur si la thermodilution est faite fréquemment**
- ⊖ Permet :
 - Le monitoring continu du DC
 - La détermination des variations respiratoires du VES et de la PP

$$\text{VES} = \text{Fct de Calibration} \times \text{Surface}$$



Au total

⊙ Avantages :

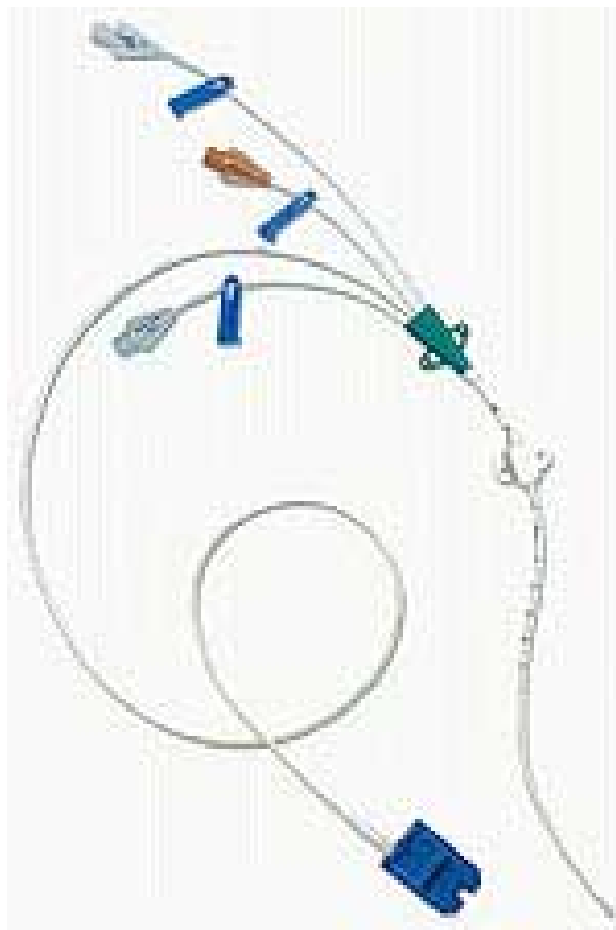
- Monitoring du DC en continu
- Valeur de précharge et indice d'inotropisme en discontinu
- Seul appareil à donner des informations sur la surcharge vasculaire du poumon (EPEV et CPC)
- Moins invasif que le KTAP

⊙ Inconvénients :

- Nécessité de re-calibrations fréquentes
- Analyse des valeurs complexes, apprentissage long
- Pulse contour inutilisable en arythmie



La ScvO₂



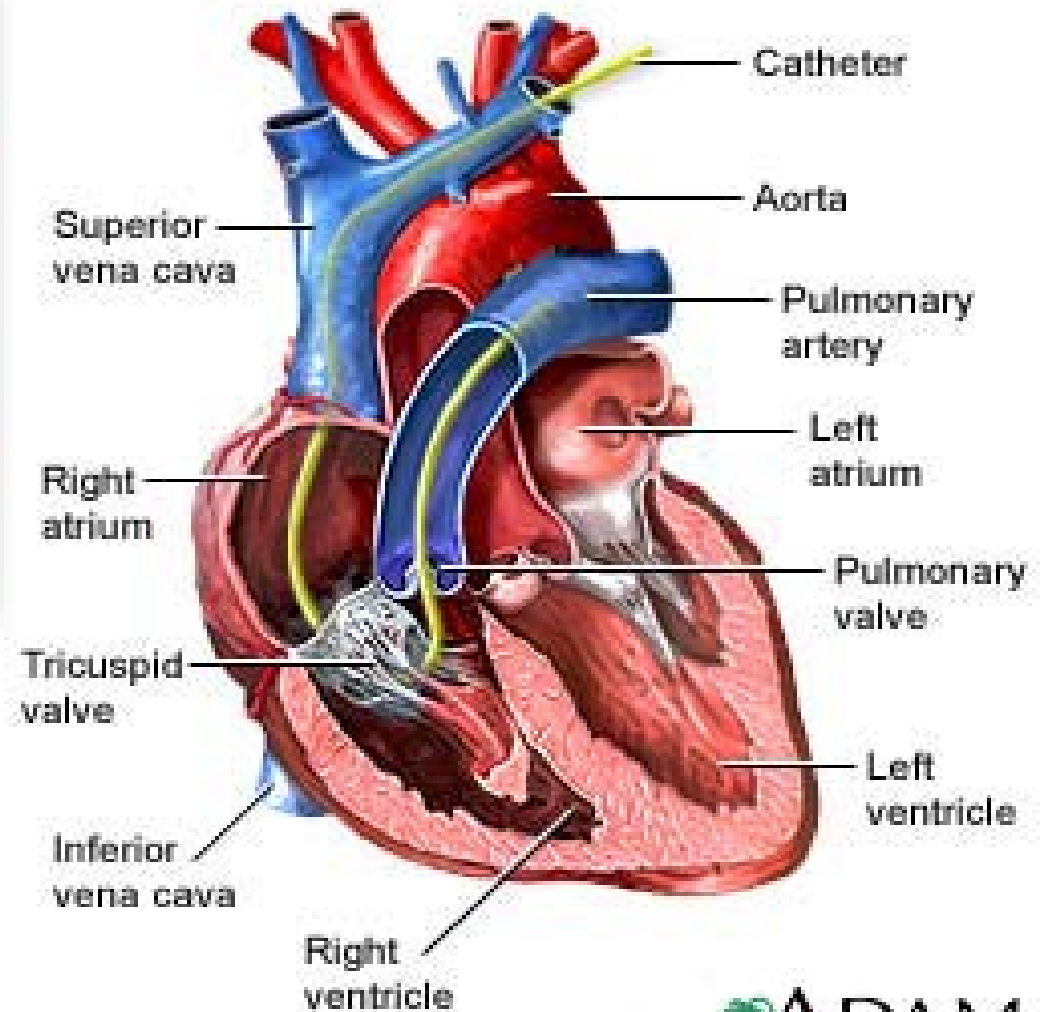
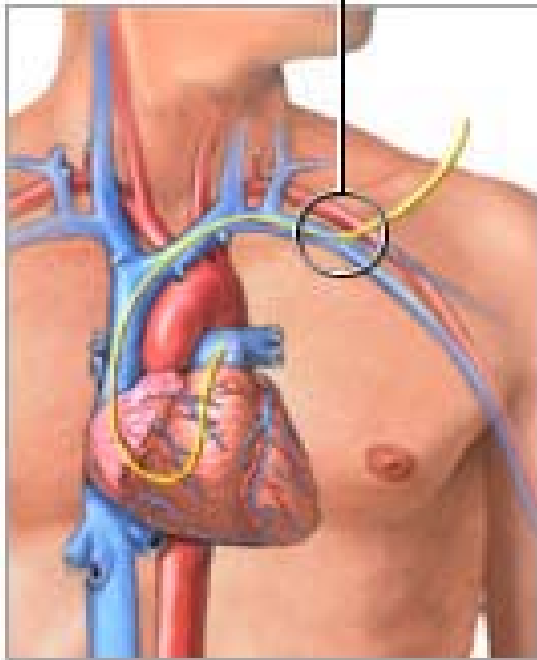
Intérêt :

- ⊕ Soit intégré au KTC soit à introduire dans une des voies
- ⊕ Reflet indirect mais fiable de la saturation en oxygène du sang veineux mêlé donc du CvO_2 et de la DAV_{O_2}
- ⊕ Seul paramètre véritablement liée à la consommation d'oxygène de l'organisme
- ⊕ Extrêmement utile dans le diagnostic et le suivi des états de chocs septiques avec une défaillance cardiaque associée

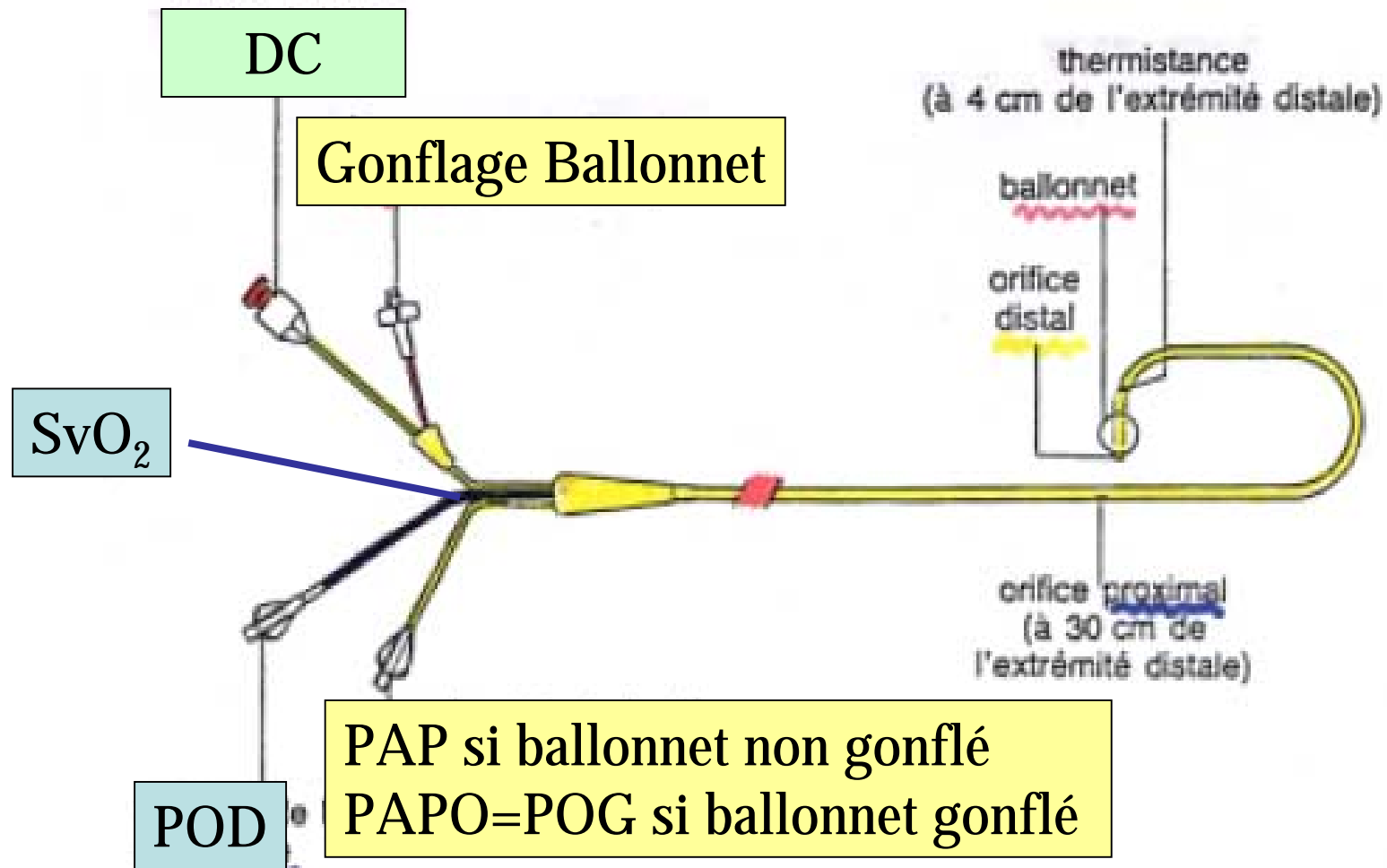


Le cathéter artériel pulmonaire

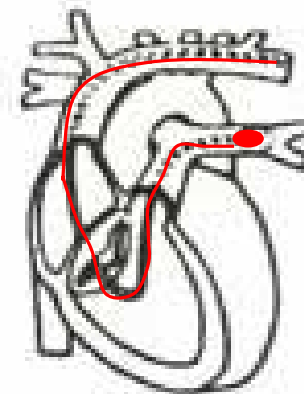
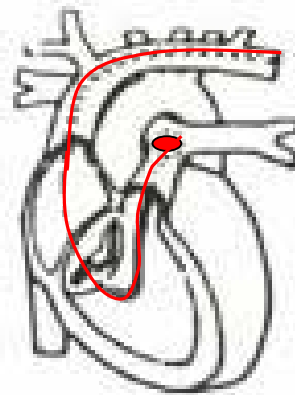
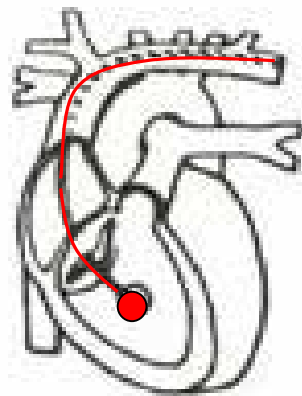
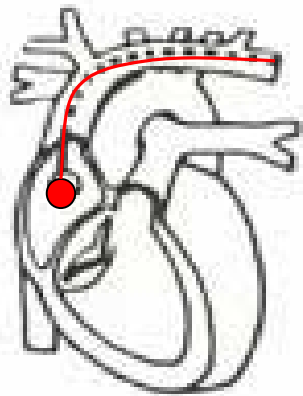
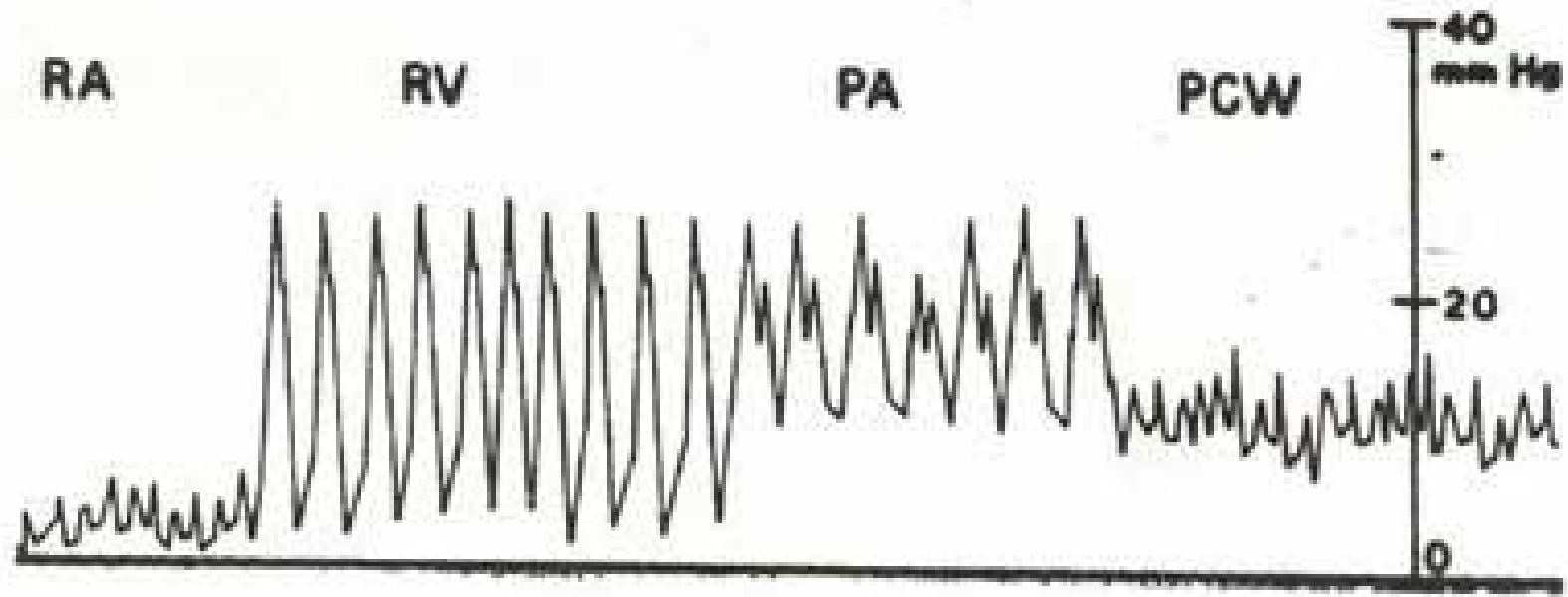
Catheter entrance



Matériel :



Mise en Place:



Intérêt :

⊕ Avantages :

- Evaluation très complète de l'hémodynamique
- Méthode de référence de détermination du DC
- Apprentissage difficile mais le plus souvent maîtrisé par les AR

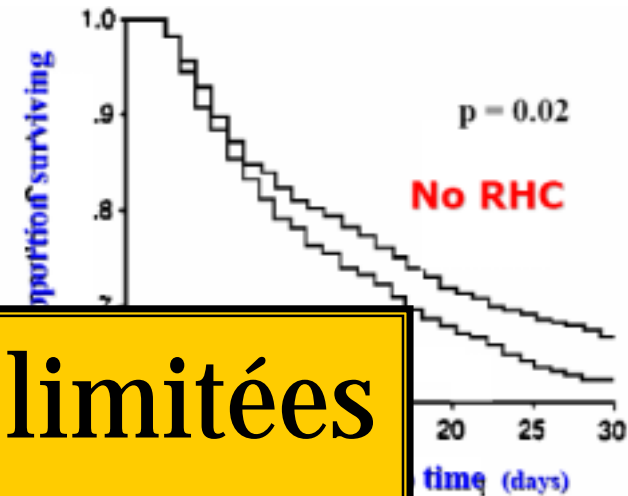
⊕ Inconvénients :

- Très invasif (mortalité ?)
- DC continu mais pas battement à battement
- Bcp d'indices de précharge, mais aucun indice de « précharge dépendance »

Est-ce dangereux ?

The Effectiveness of Right Heart Catheterization in the Initial Care of Critically Ill Patients

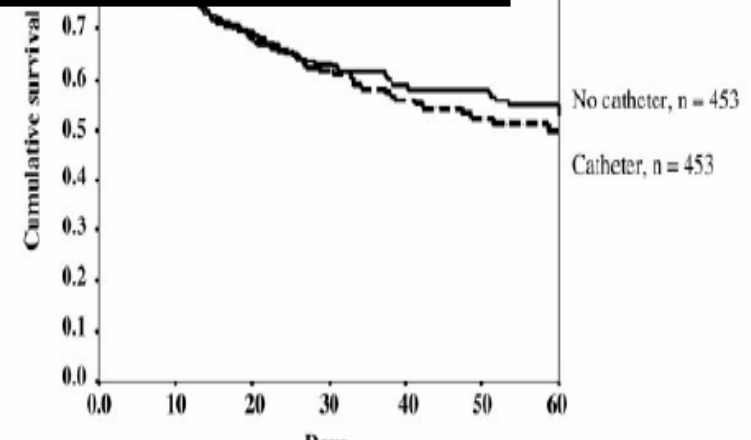
Alfred F. Connors, Jr, MD; Theodore Speroff, PhD; Neal V. Dawson, MD; Charles Thomas; Frank E. Harrell, Jr, PhD;



Si les indications sont limitées
aux patients les plus graves,
probablement pas

Yasser Sakr, MB BCh, MSc; Jean-Louis Vincent, MD, PhD, FCCP;
Konrad Reinhart, MD, PhD; Didier Payen, MD; Christian J. Wiedermann, MD;
Dirk F. Zandstra, MD; and Charles L. Sprung, MD; on behalf of the Sepsis
Occurrence in Acutely Ill Patients Investigators†

CHEST 2005; 128



Est-ce utile ?

The NEW ENGLAND
JOURNAL of MEDICINE

ESTABLISHED IN 1812

JANUARY 2, 2003

VOL. 348 NO. 1

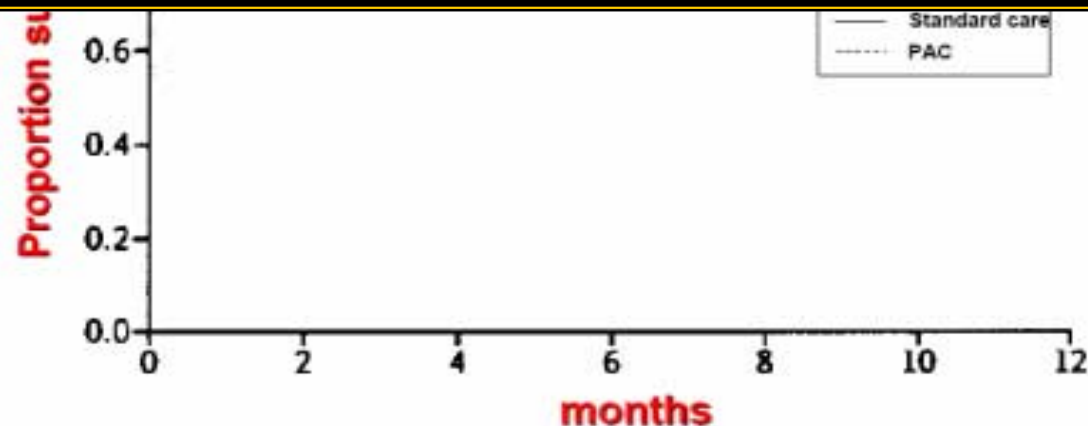
Réserver les indications du KTAP à des situations où :

Le monitoring conventionnel est dépassé

La complexité de la pathologie rend toute analyse impossible

La gravité rend toute épreuve diagnostique dangereuse

Cela concerne une minorité de patients en réanimation,
mais **pas forcément aucun.**



Monitorage hémodynamique

